PHILIPS



CURSUS BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektronische componenten

Leerlingboek BS 8

Philips Nederland B.V. - Afd. Onderwijsactiviteiten

Derde druk 1981

PHILIPS



CURSUS
BEDRIJFSELEKTRONICA

Elektronische componenten

Leerlingboek BS 8

Philips Nederland B.V.- Afd. Onderwijsactiviteiten

Derde druk 1981

D E E L B C O M P O N E N T E N

INHOUDSOPGAVE

B 301

DE VACUUMDIODE

Met de vinding van de elektronenbuis in het begin van deze eeuw is de elektronica begonnen. Daarna zijn rond 1950 de zogenaamde halfgeleiders uitgevonden, en deze hebben de elektronenbuizen inmiddels voor een belangrijk deel verdrongen. Hoewel het toepassingsgebied van de elektronenbuizen steeds kleiner wordt, schenken we aan deze componenten toch nog enige aandacht. In deze en een aantal volgende lessen gaan we de werking en de karakteristieke eigenschappen van de meest eenvoudige elektronenbuis, de *diode*, behandelen. Daarna komen ingewikkelder buizen aan de orde, zoals de *triode* en de *pentode*

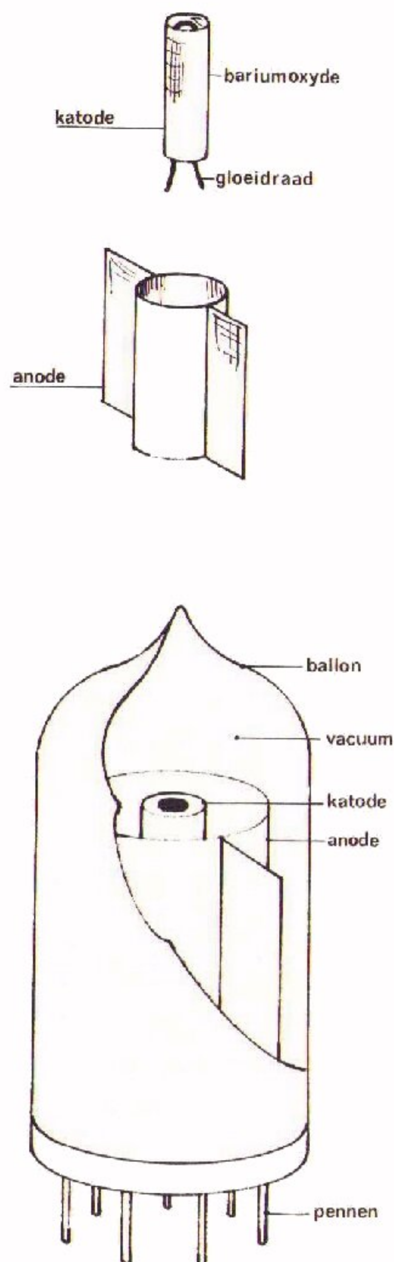
De namen van de diverse elektronenbuizen hebben te maken met het aantal aansluitingen of *elektroden*. Een diode heeft twee (*di*-) aansluitingen, en triode drie (*tri*-), een pentode 5, enz.

DE OPBOUW VAN EEN VACUÜMDIODE

Een vacuümdiode bestaat uit een buisvormige glazen ballon waaruit de lucht bijna geheel is weggepompt. In de buis is een luchtledig of *vacuüm* ontstaan.

In de ballon bevinden zich twee metalen pijpvormige onderdelen:

- De *kathode* die uitwendig is bestreken met een chemische stof, bariumoxyde. Binnen in de kathode bevindt zich een *gloeidraad* die door middel van een elektrische stroom tot zeer hoge temperatuur wordt verhit. De kathode wordt dus *indirect* verhit.
- De *anode*, die voorzien is van twee platte stukken. Deze dienen voor koeling en tevens voor bevestiging.



De kathode is binnen de anode geplaatst.

Onder aan de ballon zijn door het glas heen pennen aangebracht. Aan de binnenkant van de buis zijn anode, kathode en gloeidraad met deze pennen verbonden. Op deze wijze kunnen van buitenaf spanningen worden aangesloten op de inwendige elektroden.

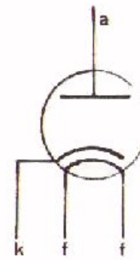
SCHEMASYMBOOL VAN DE VACUÜMDIODE

In schema's geeft men een vacuümdiode aan door middel van volgend symbool:

a: anode

k: kathode

f: gloeidraadaansluitingen
(engels: "filament").



Er komen ook wel diodes voor waarbij de gloeidraad en de kathode zijn doorverbonden. Het schemasymbool is dan:



Tenslotte zijn er nog diodes waarbij de gloeidraad zelf van bijvoorbeeld bariumoxyde is voorzien. De gloeidraad doet dan tevens dienst als kathode. Het schemasymbool voor dit type diode is:

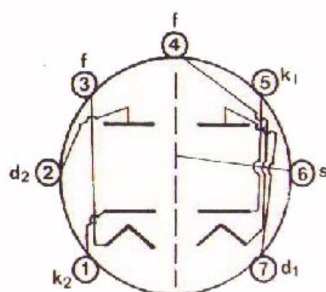
Men spreekt hier van een *direct verhitte* kathode.



Wil men een verkorte aanduiding gebruiken voor een diode, dan moet daarvoor de letter V gebruikt worden. Meerdere diodes in hetzelfde schema worden met V_1, V_2, V_3 ..... enz. aangeduid.

AANSLUITINGEN

De anode, kathode en gloeidraad zijn aangesloten op de pennen die zich onderaan de buis bevinden. De fabrikant geeft bij elke buis op hoe deze aansluitingen zijn aangebracht. Dit gebeurt altijd door het *onderaanzicht* van de buis te geven.

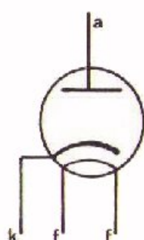


Hiernaast een voorbeeld van het onderaanzicht van een buis met 7 pennen, met een zogenaamde *miniatuurbuisvoet*. Inwendig bevinden zich in dit voorbeeld twee diodes, gescheiden door een scherm s.

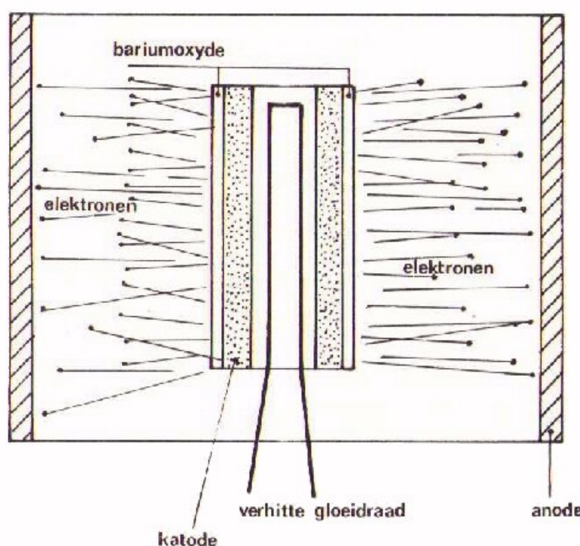
OPMERKING

De anodes van de diodes zijn daarin met d_1 en d_2 aangegeven. Hier wijken de gegevens van de fabrikant dus af van de daarover gemaakte afspraken.

DE WERKING VAN DE DIODE



Op de gloeidraad sluiten we een spanning aan, meestal van 6,3 V. Door de gloeidraad gaat een stroom lopen die hem tot een zeer hoge temperatuur verhit. De gloeidraad verhit op zijn beurt de kathode. Op de kathode is bariumoxyde aangebracht, een stof waaruit bij verhitting grote hoeveelheden elektronen vrijkomen.



Bij verhitting van de katode "verdampen" de elektronen als het ware in de luchtledige ruimte rondom de kathode en vormen een elektronenwolk in de buurt van de kathode.

Sommige elektronen hebben echter zo'n hoge snelheid dat zij op de anode terecht komen. Dit laatste tonen we in volgende opdracht aan.

OPMERKING:

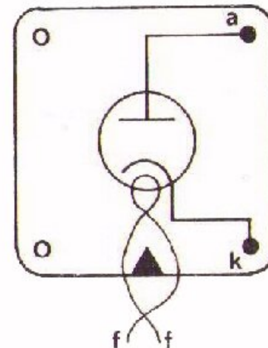
In schema's wordt de spanningsbron voor de gloeidraden vaak niet getekend. Gemakshalve wordt zelfs de gehele gloeidraad weggelaten. In werkelijkheid moet in een vacuümdiode een verhitte gloeidraad altijd aanwezig zijn, anders werkt hij niet.

OPDRACHT: "STROOM BIJ EEN DIODE"

- Plaats een EAA 91 op het paneel.

  De buis is in een z.g. *buisvoetje* bevestigd, dat in ons geval is gemonteerd op een vierpooltje. De aansluitingen zijn daarbij als volgt:

  Bovenaanzicht van de vierpool.



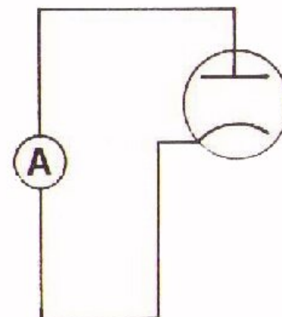
  Op de codering van vacuümdiodes komen we later nog terug. We vermelden hier alleen dat een EAA 91 een z.g. dubbeldiode is, hij bevat twee anodes en twee kathodes.

- Sluit de gloeidraad aan op een spanning van 6,3 V.

- Breng een stroommeter aan tussen een van de anodes en de bijbehorende kathodes.

  Door de meter loopt nu een stroom:

  I = [mA]

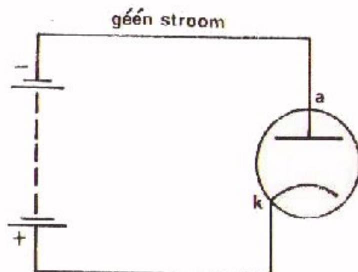


CONCLUSIE

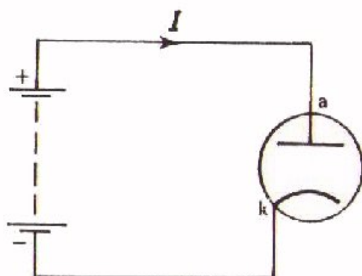
Er loopt een stroom van [anode/kathode] naar [anode/kathode] zonder dat er een spanningsbron tussen deze elektroden is aangesloten.

VERVOLG WERKING VAN DE DIODE

We zagen dat er een kleine stroom door de diode loopt als er alleen een spanning op de gloeidraad is aangesloten. We zullen nu nagaan wat er gebeurt als we een gelijkspanningsbron aansluiten tussen anode en kathode.



In dit schema is de anode negatief ten opzichte van de kathode.
Is de anode flink negatief, dan stoot hij de eveneens negatieve elektronen af. Er komt geen elektron op de anode aan en bijgevolg loopt er geen stroom.



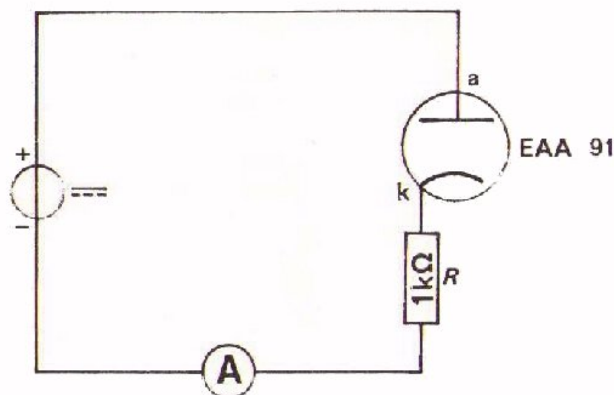
Keren we de batterij nu om, dan wordt de anode positief ten opzichte van de kathode. De negatieve elektronen in de ballon worden nu door de positieve anode aangetrokken. Er gaat nu een elektronenstroom lopen, binnen de buis van kathode naar anode en buiten de buis van de anode via de batterij terug naar de kathode.

Bedenk dat de afgesproken stroomrichting altijd tegen de elektronenstroom in gericht is.

De "elektrische stroom" door de diode loopt alleen van *anode naar kathode*

Aan de hand van enkele opdrachten gaan we het gedrag van de diode zelf ervaren.

OPDRACHT: HET GEDRAG VAN EEN DIODE VOOR GELIJKSPANNING



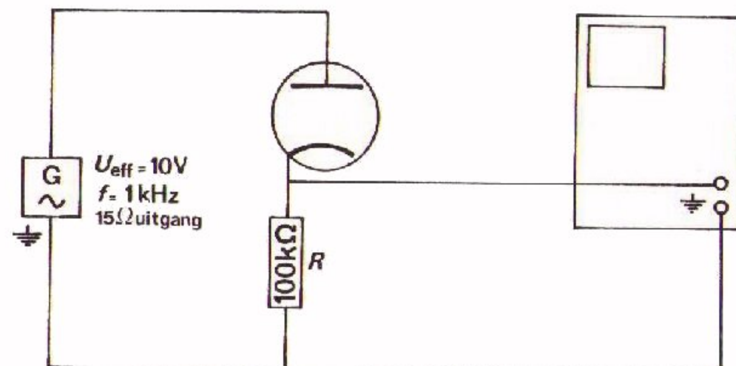
- Bouw deze schakeling. Let erop dat de + kant aan de anode van de diode wordt aangesloten.
- Sluit een gloeispanning aan van 6,3 V.
- Voer een gelijkspanning van circa 8 V toe.

  U ziet dat de diode de stroom goed doorlaat.

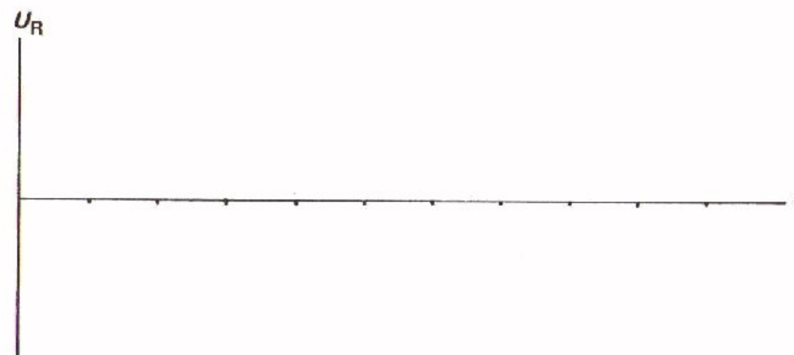
  De stroom door de schakeling $I \approx \frac{U}{R} = \frac{8}{1000}$ A = 8 mA. Deze stroom wordt bepaald door de serieweerstand. De diode gedraagt zich nagenoeg als een kortsluiting.
- Sluit de spanningsbron nu andersom aan. Verwissel ook de aansluitingen van de stroommeter. De anode van de diode ligt dan aan de - kant van de spanningsbron. U ziet dat er nu geen stroom loopt: "de diode spert". De diode gedraagt zich als een isolator.

We hebben achtereenvolgens een positieve en een negatieve gelijkspanning tussen anode en kathode aangesloten. Nu gaan we een wisselspanning aansluiten, die dus almaar van polariteit wisselt.

OPDRACHT: HET GEDRAG VAN EEN DIODE VOOR WISSELSPANNING



- Bouw deze schakeling en maak de spanning over R zichtbaar op het scherm van de oscilloscoop. De AC-0-DC-schakelaar moet op DC" staan.
- Teken hieronder het verloop van de spanning over R zoals u die op het scherm ziet.



U ziet dat de diode stroom doorlaat gedurende één periodehelft en de stroom spert gedurende de andere periodehelft.

We zien dat de spanning over R varieert van:

[V] tot [V]

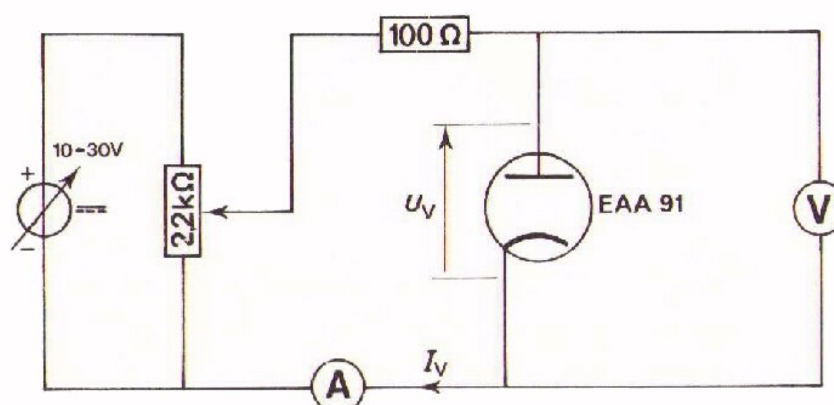
De gemeten spanning is een [   ] gelijkspanning.

De gemiddelde waarde bedraagt: [V]

DE DIODEKARAKTERISTIEK

We hebben nu enige ervaring met een diode en gaan hem vervolgens wat preciezer onderzoeken. Hiertoe bepalen we hoe groot de diodestroom I_D is bij verschillende diodespanningen U_D. Het verband tussen stroom en spanning kan men in een grafiek uitzetten. Zo'n grafiek noemt men de diode-*karakteristiek*.

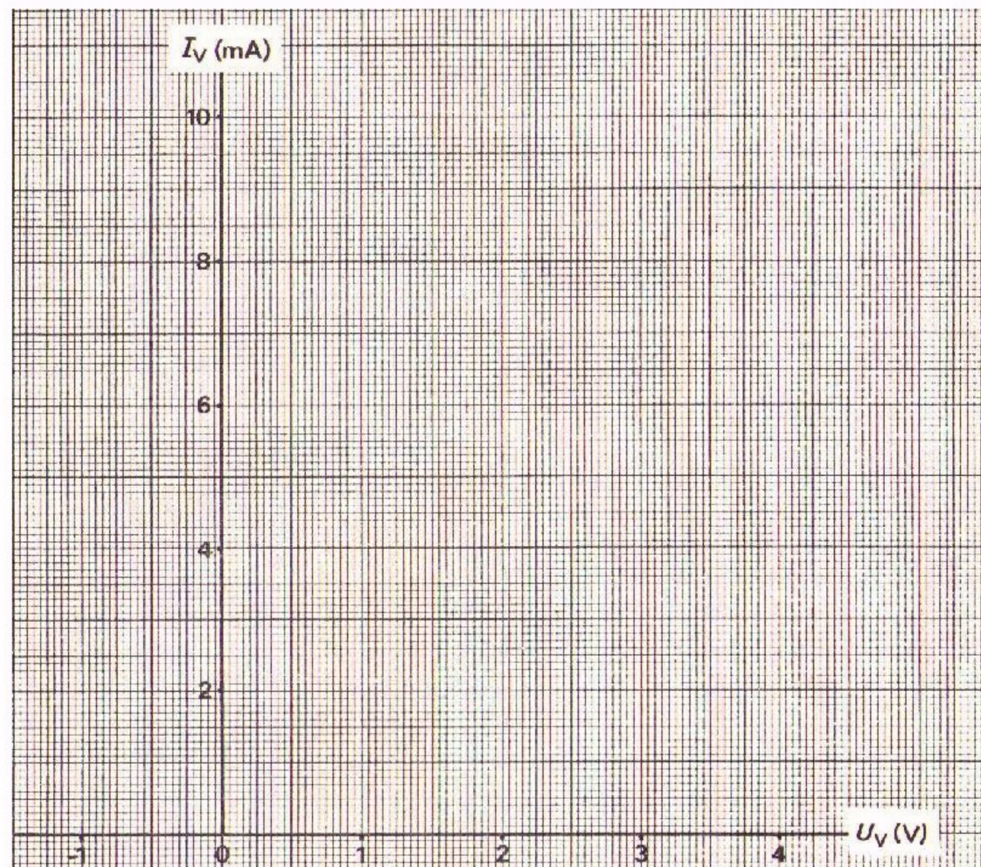
OPDRACHT: METEN VAN DE DOORLAATKARAKTERISTIEK



- Bouw deze schakeling.
- Meet de spanning over de diode bij de stroomwaarden die in de volgende tabel staan: Vul de gevonden waarden in de tabel in:

I_V (mA)	U_V (V)
1	
2	
3	
4	
5	
7	
9	

- Teken op onderstaand millimeter papier de gemeten karakteristiek van de diode, met uitzondering van het stuk links van de I_V-as.



- Sluit vervolgens de spanningsbron andersom aan en verwissel de polariteit van de voltmeter.

- Meet enige waarden van de stroom bij negatieve spanningen op de anode tussen 0 en -0,5 V. Noteer deze waarden hieronder.

I_V (mA)	$-U_V$ (V)
	0,1
	0,3
	0,4
	0,5

- Teken ook dit deel van de karakteristiek in bovenstaande grafiek.

Uit bovenstaande karakteristiek volgt dat een diode bij een grote negatieve spanning geen stroom doorlaat en bij een kleine (tussen 0 en -0,5 V) een kleine stroom. Bij een positieve spanning op de anode laat de diode de stroom goed door.

CODERING VAN BUISDIODES

Elektronenbuizen duidt men aan door middel van een combinatie van letters en cijfers. In deze les hebben we bijvoorbeeld gebruik gemaakt van een diode met de *codering*: EAA 91.

- De eerste letter zegt iets over de voeding van de gloeidraad. Daarbij betekent:

  E een gloeispanning van 6,3 V.

  D een van 1,4 V,

  A een van 4 V,

  P een gloeistroom van 300 mA.

- De tweede en eventuele volgende letters duiden de soort diode aan. Elke A betekent één diode in de ballon.

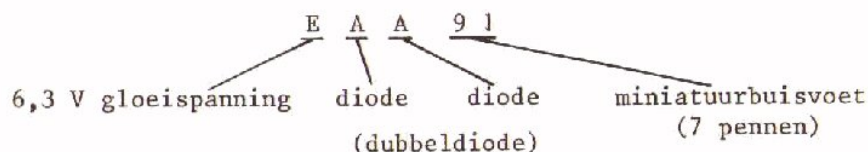
  B is een dubbeldiode met doorverbonden kathode.

  Y is een enkelvoudige gelijkrichtdiode.

  Z is een dubbele gelijkrichtdiode.

- De cijfers zeggen iets over de constructie van de buis. Men maakt bijvoorbeeld buizen in een zogenaamde 90-serie. Dit zijn buizen met een "miniatuurbuisvoet"; zij hebben elk 7 pennen. Buizen uit de 80-serie of de 180-serie hebben elk 9 pennen. Het zijn zogenaamde "noval-buizen".

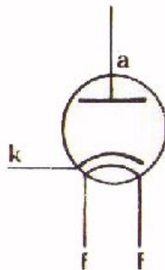
De in deze les gebruikte buis is als volgt thuis te brengen:



Het heeft weinig zin deze coderingen van buiten te leren. Als men met buizen werkt, kent men de coderingen van de meest voorkomende buizen snel. In het zogenaamde *buizenboek* vindt men de betekenis van onbekende coderingen.

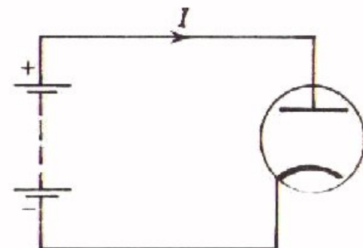
SAMENVATTING

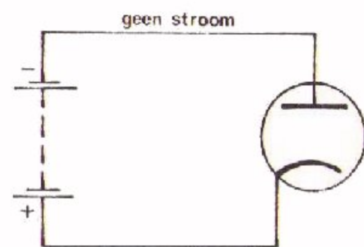
- Een *vacuümdiode* bestaat uit een luchtledig gemaakte glazen ballon, waarin zich twee elektroden bevinden. De buitenste elektrode heet *anode*. Binnen de anode bevindt zich de *kathode*. De kathode wordt verhit door een *gloeidraad*. Soms is de kathode zelf als gloeidraad uitgevoerd; men spreekt dan van een *direct verhitte* kathode.



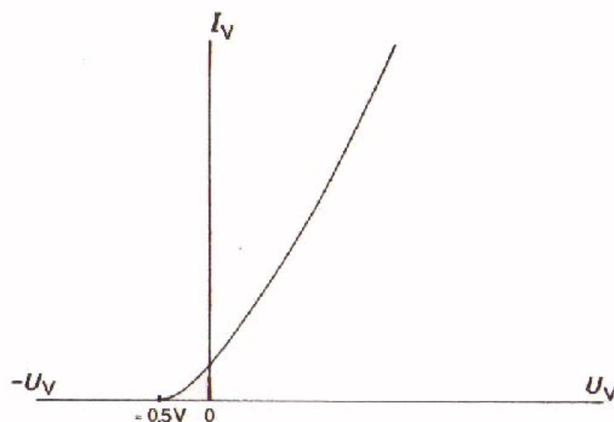
Dit is het symbool van een indirect verhitte vacuümdiode. Vaak wordt de gloeidraad niet getekend, maar in werkelijkheid is hij steeds aanwezig en dient hij van een gloeispanning te worden voorzien.

- Een diode werkt als een ventiel. Van anode naar kathode laat hij gemakkelijk een stroom door, maar andersom niet.





- De eigenschappen van een diode kan men het best aflezen uit de z.g. *diodekarakteristiek*.



Hier is de volledige diode karakteristiek gegeven. Uit de karakteristiek is af te lezen dat bij spanning $U_V = 0$ reeds een kleine stroom loopt. Bij kleine negatieve spanning (tussen 0 en 0,5 V) loopt er ook nog een zeer kleine stroom I_V. Bij grotere negatieve spanning spert de diode.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN

1. Waarom heeft de vacuümdiode een gloeidraad?

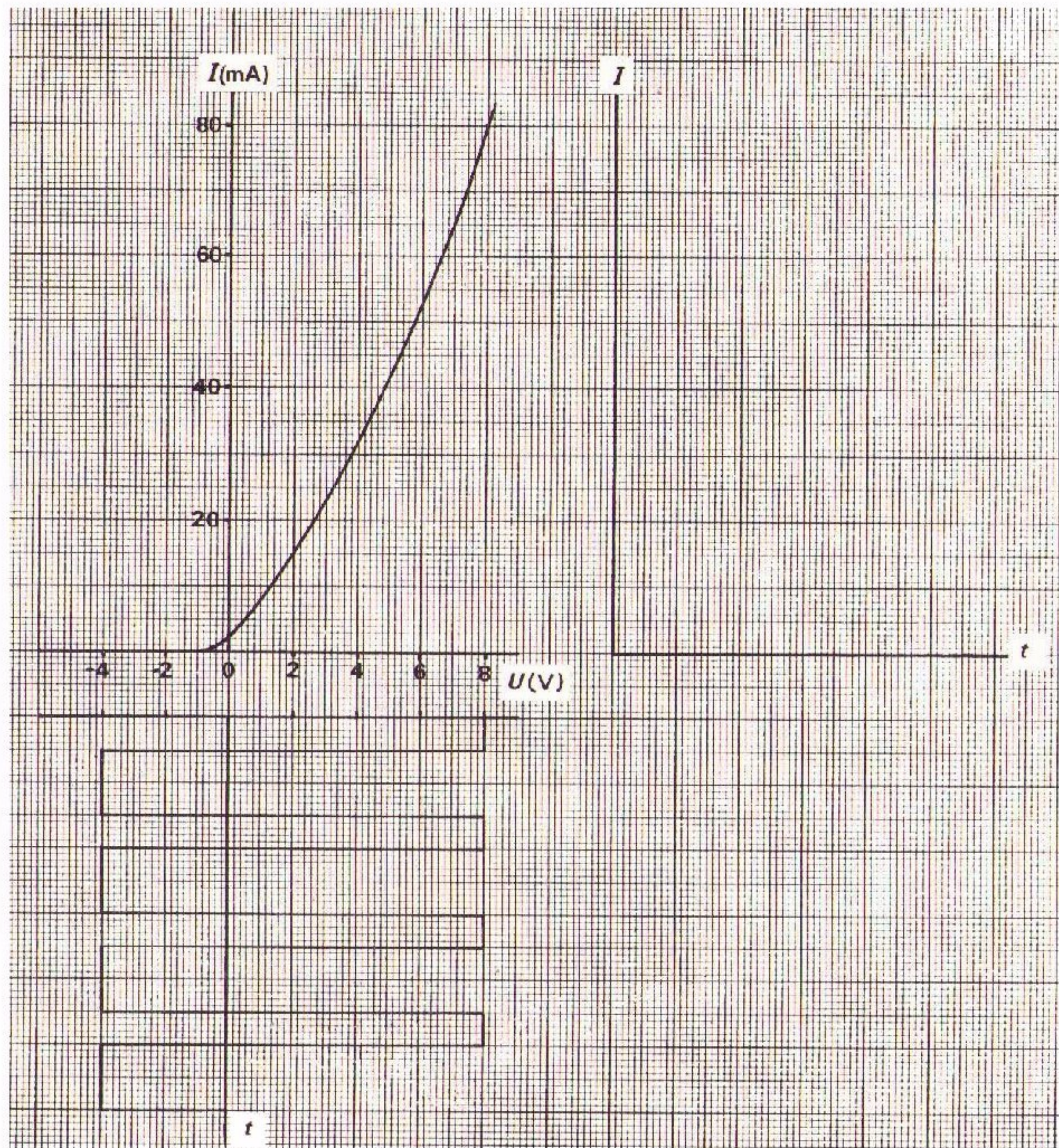
2. Waarom vergelijkt men een diode vaak met een ventiel?

3. Teken het schemasymbool voor een diode met direct verhitte kathode.

4. Aan een diode voert men de hierondergetekende wisselspanning toe.

- Dit is een [zuivere/onzuivere] wisselspanning.
- Teken de stroom die er gaat lopen naast de diode-karakteristiek.
- Bereken de gemiddelde stroom.

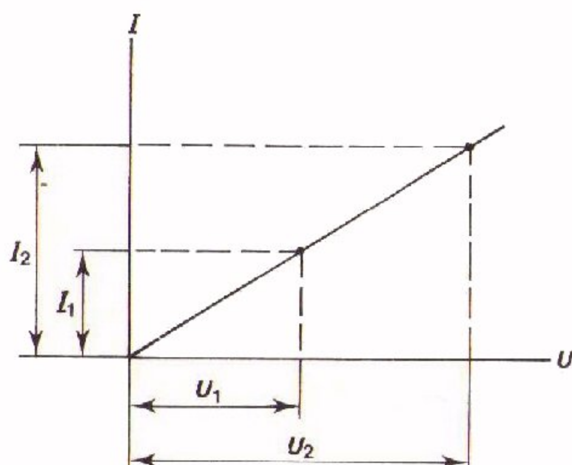
I_{gem} = [mA]



B 302

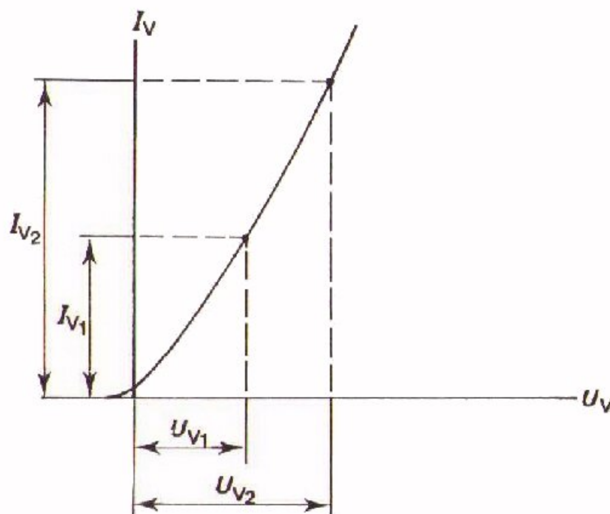
DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK

LINEAIRE EN NIET-LINEAIRE COMPONENTEN



Zet men voor een normale weerstand het verband uit tussen de spanning U over die weerstand en de stroom I erdoor, dan ontstaat een *rechte* lijn door de oorsprong.
De stroom-spanningskarakteristiek is hier een rechte lijn en daarom heet een weerstand een *lineaire* component.
De weerstandswaarde is steeds dezelfde:

$$R = \frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2} \text{ is constant}$$

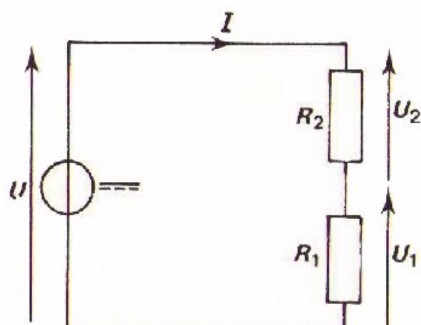


Is de grafiek van I en U bij een component *niet recht*, dan spreken we van een *niet*-lineaire component.
Een voorbeeld is de diode;
deze heeft immers een gebogen karakteristiek. De inwendige weerstand R_i van de component is dan niet constant.

$$\frac{U_{V1}}{I_{V1}} = \frac{U_{V2}}{I_{V2}} \text{ zodat:}$$

$$R_i \neq \frac{U_V}{I_V} \text{ is niet constant}$$

MOEILIJKHEDEN BIJ NIET-LINEAIRE COMPONENTEN

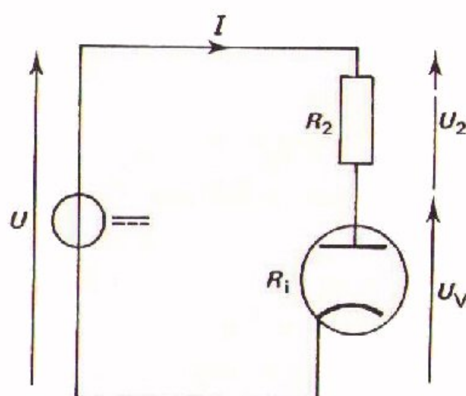


Als we twee weerstanden R_1 en R_2 (twee lineaire componenten dus) in serie aansluiten op een spanningsbron, dan zijn de stroom I en de deelspanningen U_1 en U_2 gemakkelijk te berekenen.

$$I = \frac{U}{R_{tot}} = \frac{U}{R_1 + R_2}$$

$$U_1 = R_1 I \text{ en } U_2 = R_2 I$$

Vervangt men één van de weerstanden door een diode, dan is de berekening van de stroom en de deelspanningen niet meer mogelijk. Immers, we hebben nu te maken met een niet-lineaire component en die heeft een weerstand R_i die afhangt van de stroom en spanning. Men zegt, dat R_i afhankelijk is van de *instelling*. Deze instelling is nog onbekend.



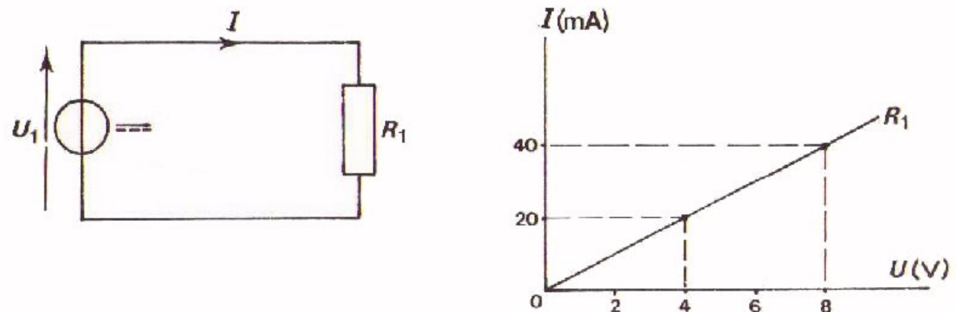
Wat nu? Hoe kunnen we in zo'n geval toch de stroom en de deelspanningen te weten komen?
Dit kan langs grafische weg door middel van de zogenaamde *dynamische karakteristiek* van de niet-lineaire en lineaire component samen.

Deze methode gaan we in deze les behandelen.

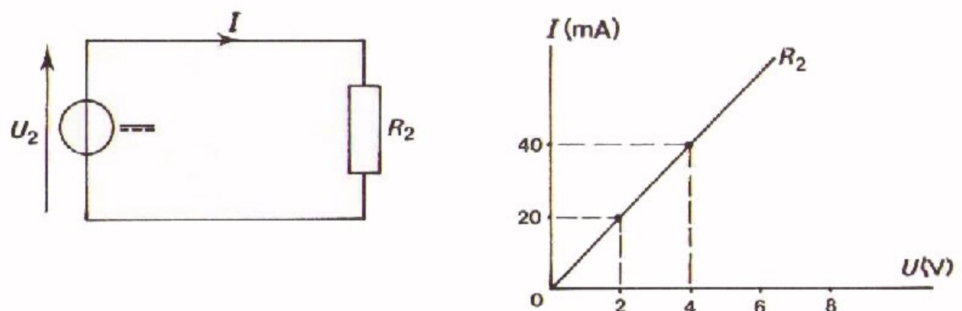
DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK VAN TWEE IN SERIE GESCHAKELDE WEERSTANDEN

Het begrip "dynamische karakteristiek" is niet zo gemakkelijk. Als eerste kennismaking behandelen we daarom een eenvoudig geval, namelijk de dynamische karakteristiek van de serieschakeling van twee normale weerstanden. Snapt U dit goed, dan kunnen we daarna het geval bekijken van een lineaire plus een niet-lineaire component.

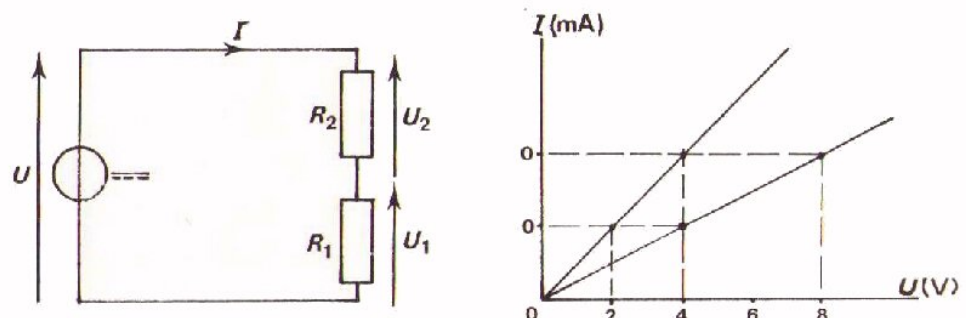
Een weerstand R_1 sluiten we aan op een gelijkspanningsbron, waarvan we de spanning U_1 variëren. Bij deze weerstand behoort het volgende verband tussen stroom en spanning (volgens karakteristiek dus):



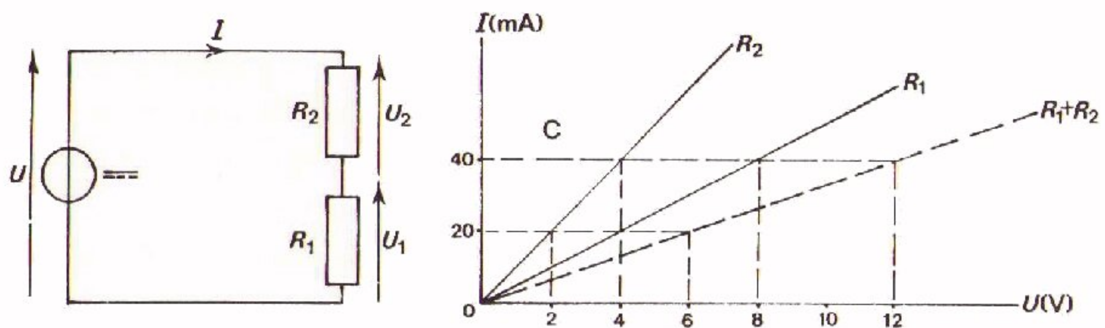
Hetzelfde doen we met een weerstand R_2.
Blijkbaar heeft deze weerstand een andere karakteristiek:



We sluiten nu deze beide weerstanden in serie aan op een spanningsbron. De karakteristieken van de afzonderlijke weerstanden hebben we in één grafiek getekend:

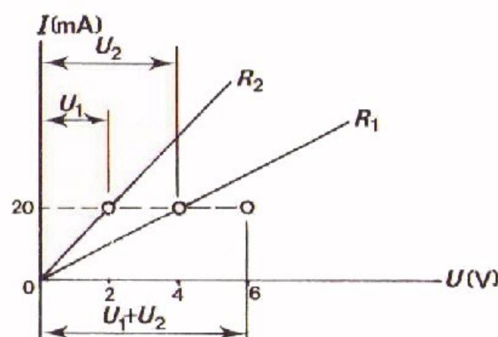


De karakteristiek van de serieschakeling kan men nu vinden door de afzonderlijke karakteristieken "op te tellen" zoals in volgende figuur.



De gestreepte lijn in deze grafiek is de karakteristiek van deze serieschakeling.

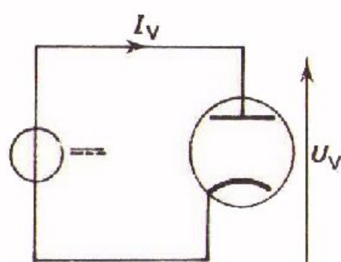
We kunnen ons voorstellen, dat U bij Uzelf denkt: "Dat zal dan wel zo zijn, maar ik begrijp er geen snars van". Terecht, want we hebben het bovenstaande enkel maar als een "truc" verkocht. Wat we gedaan hebben is echter als volgt gemakkelijk te begrijpen:
We hadden twee weerstanden R_1 en R_2 waarvan we de afzonderlijke karakteristieken kenden. Sluiten we R_1 en R_2 in serie aan op een bepaalde spanning, dan loopt er door beide weerstanden dezelfde *stroom*. Laten we bij wijze van voorbeeld eens aannemen dat deze stroom 20 mA is. Uit de karakteristiek van R_1 blijkt de spanning over R_1 dan gelijk te zijn aan 4 V.
Uit de karakteristiek van R_2 blijkt de spanning over R_2 bij 20 mA gelijk te zijn aan 2 V.
De spanning over $R_1 + R_2$ is dus 4 + 2 = 6 V.

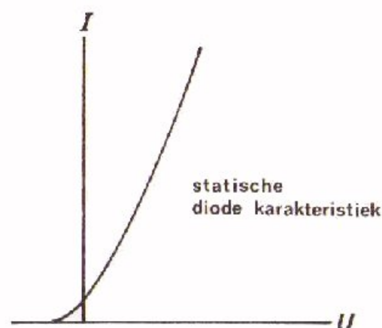


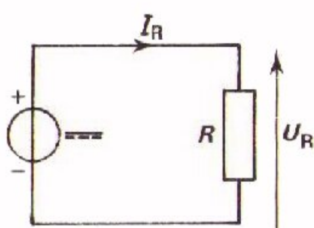
We hebben zo één punt van de dynamische karakteristiek gevonden. Elk ander punt vinden we op overeenkomstige wijze.
De dynamische karakteristiek is de karakteristiek van de serieschakeling. We stellen ons voor dat de serieschakeling kan worden vervangen door één component. Van deze ene component meten we dan de karakteristiek; dit is nu de *dynamische karakteristiek*.

DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK BIJ SERIESCHAKELING VAN EEN DIODE EN EEN WEERSTAND

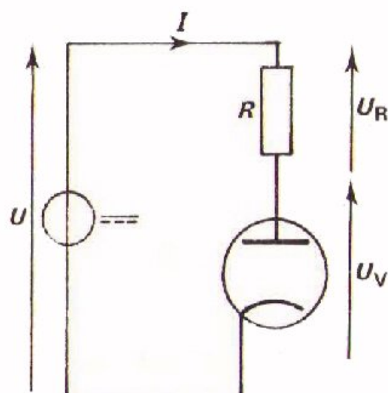
Het verband tussen stroom en spanning bij een diode zoals we dit tot nu toe bekeken hebben noemt men de *statische karakteristiek.*
Bij praktisch gebruik van een diode staat er veelal een weerstand mee in serie geschakeld. Voor deze "werktoestand" of "dynamische toestand" van een diode kan men een *dynamische karakteristiek* gebruiken.
Deze geeft het verband tussen U en I voor de serieschakeling van diode en weerstand.
Evenals bij serieschakeling van twee weerstanden R_1 en R_2 kan men de afzonderlijke karakteristieken combineren tot één dynamische karakteristiek.
Hieronder is dit gedaan.

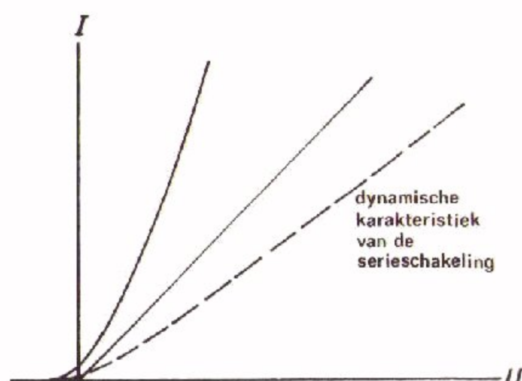




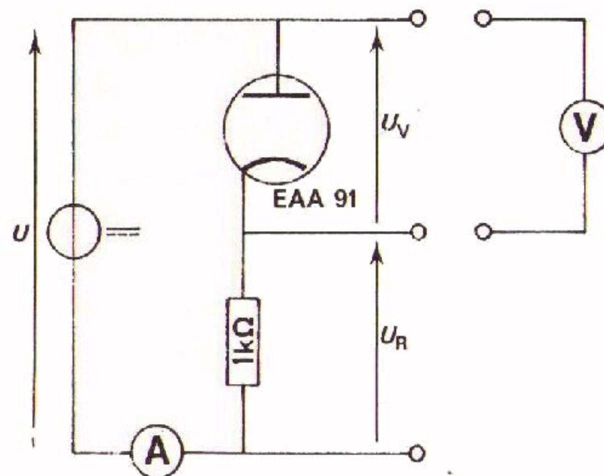








OPDRACHT: "METEN VAN DE STATISCHE KARAKTERISTIEKEN EN DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK"



- Bouw deze schakeling

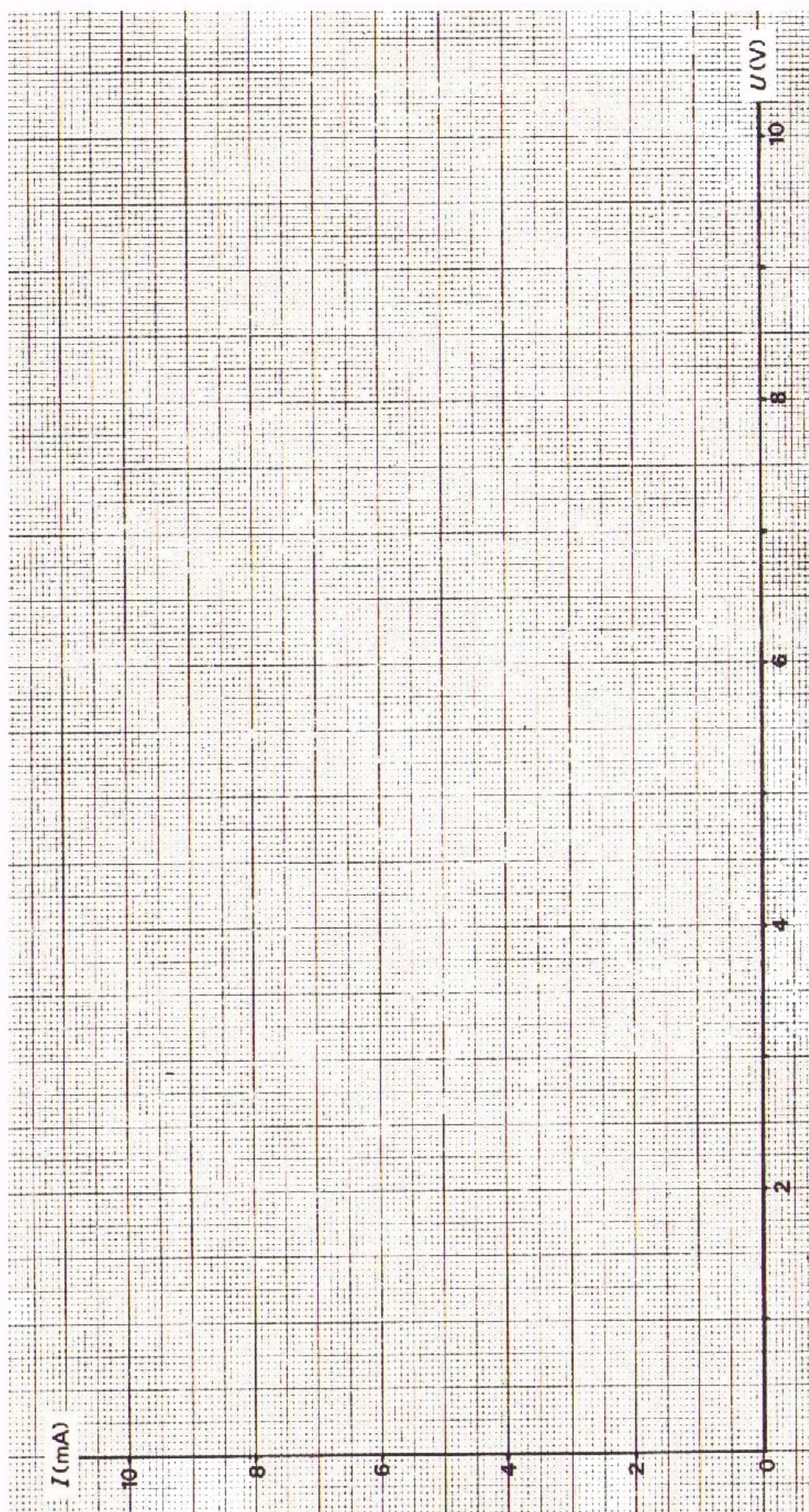
- Sluit een gloeispanning aan van 6,3 V.

- Meet achtereenvolgens, telkens bij de in volgende tabel gegeven stromen, de bijbehorende spanningen.
  - U_V over de diode EAA 91
  - U_R over de weerstand van 1kΩ
  - U over de serieschakeling van diode en weerstand

  Vul de gemeten waarden in de tabel in.

I (mA)	U_V (mV)	U_R (mV)	U (mV)
1			
2			
3			
5			
7			
9			

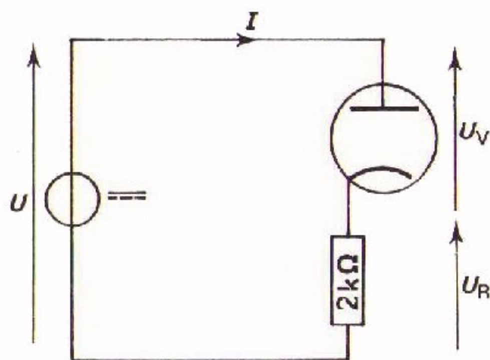
- Teken aan de hand van de meetresultaten de statische en de dynamische karakteristieken in de grafiek op volgend blad.


I (mA)
10
8
6
4
2
0
2
4
6
8
10
U (V)

HOE KOMEN WE NU UIT DE MOEILIJKHEDEN BIJ SERIESCHAKELING VAN EEN LINEAIRE EN EEN NIET-LINEAIRE COMPONENT?

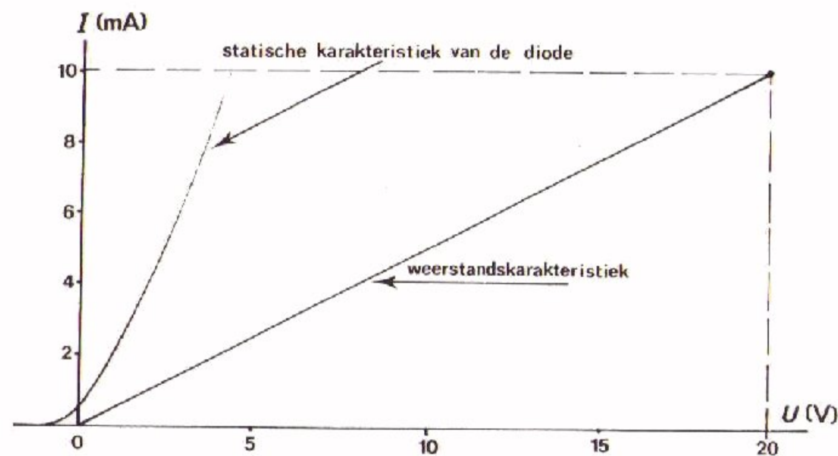
Op blad 2 van deze les kwamen we te staan voor het probleem hoe de stroom en de deelspanningen te bepalen bij een serieschakeling van een diode en een weerstand.

We kunnen dit nu als volgt aanpakken:



We hebben hier een diode in serie met een weerstand van 2 kΩ aangesloten op een gelijkspanning van 18 V.

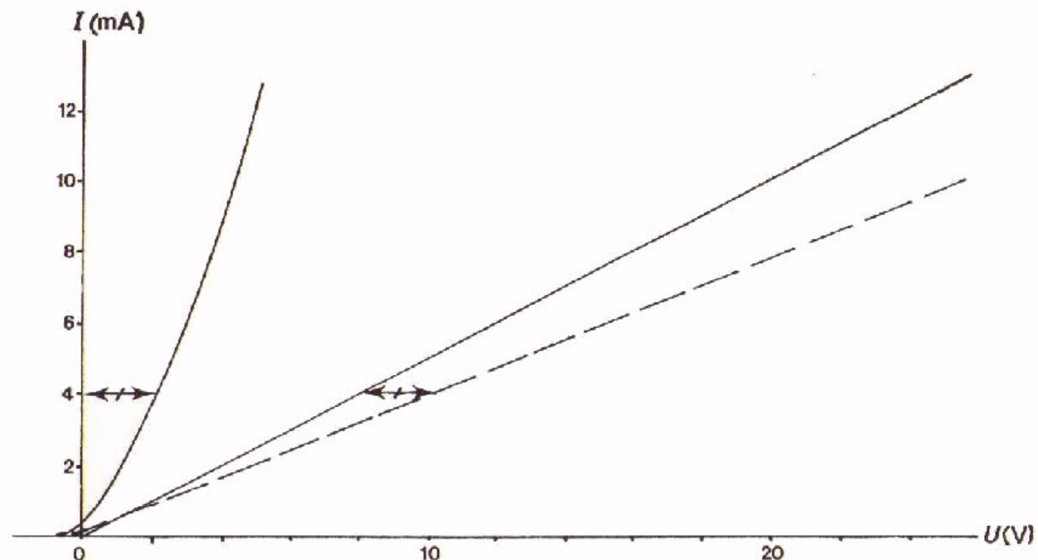
We veronderstellen dat de statische karakteristiek van de diode bekend is.



In deze figuur is de statische karakteristiek van de diode gegeven.
De karakteristiek van de weerstand hebben we erbij getekend.

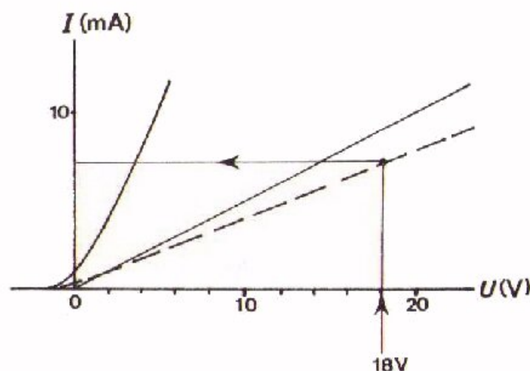
Dit is erg eenvoudig, want we weten dat de karakteristiek van een weerstand een rechte lijn door de oorsprong is. Als we nu één punt van de karakteristiek berekend hebben, kunnen we hem tekenen. Gekozen is het punt bij I = 10 mA, dan is $U = R.I = 2.10^3 , 10.10^{-3} = 20$ V.
Ga dit na.

Nu kunnen we door deze beide karakteristieken "op te tellen" de dynamische karakteristiek vinden.
In volgende figuur is dit gedaan.



In de grafiek is als voorbeeld bij I = 4 mA de spanning U_V (het stuk ←—/—→) achter de spanning U_R is uitgezet.

Na al dit voorbereidend werk kunnen we ons probleem snel oplossen.
De serieschakeling van weerstand en diode was aangesloten op 18 V.



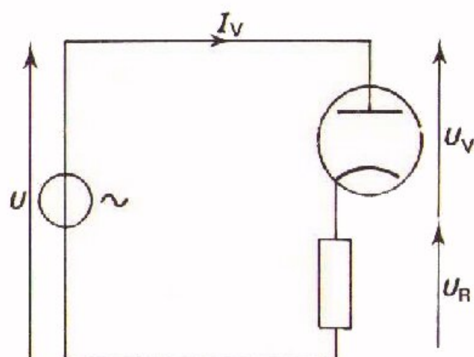
Met behulp van de dynamische karakteristiek uit bovenstaande figuur vinden we de stroom door de serieschakeling. Deze bedraagt I = 7,2 mA
Ga dit na.
De spanning over de weerstand is dus: $U_R = R.I$ = 14,4 V.
Als spanning over de diode blijft dus over: 18 - 14,4 = 3,6 V.
De spanning U_R en U_V zijn ook uit de grafiek af te lezen.
Ga dit na.

TESTVRAAG: Om na te gaan of U het bovenstaande goed begrepen hebt, moet U eens proberen volgende vraag te beantwoorden:

Hoe groot wordt bij deze schakeling de spanning over de diode bij een totale spanning van 7 V? gebruik de bovenste figuur.

U_V = [ ]

DE DYNAMISCHE KARAKTERISTIEK BIJ WISSELSPANNING

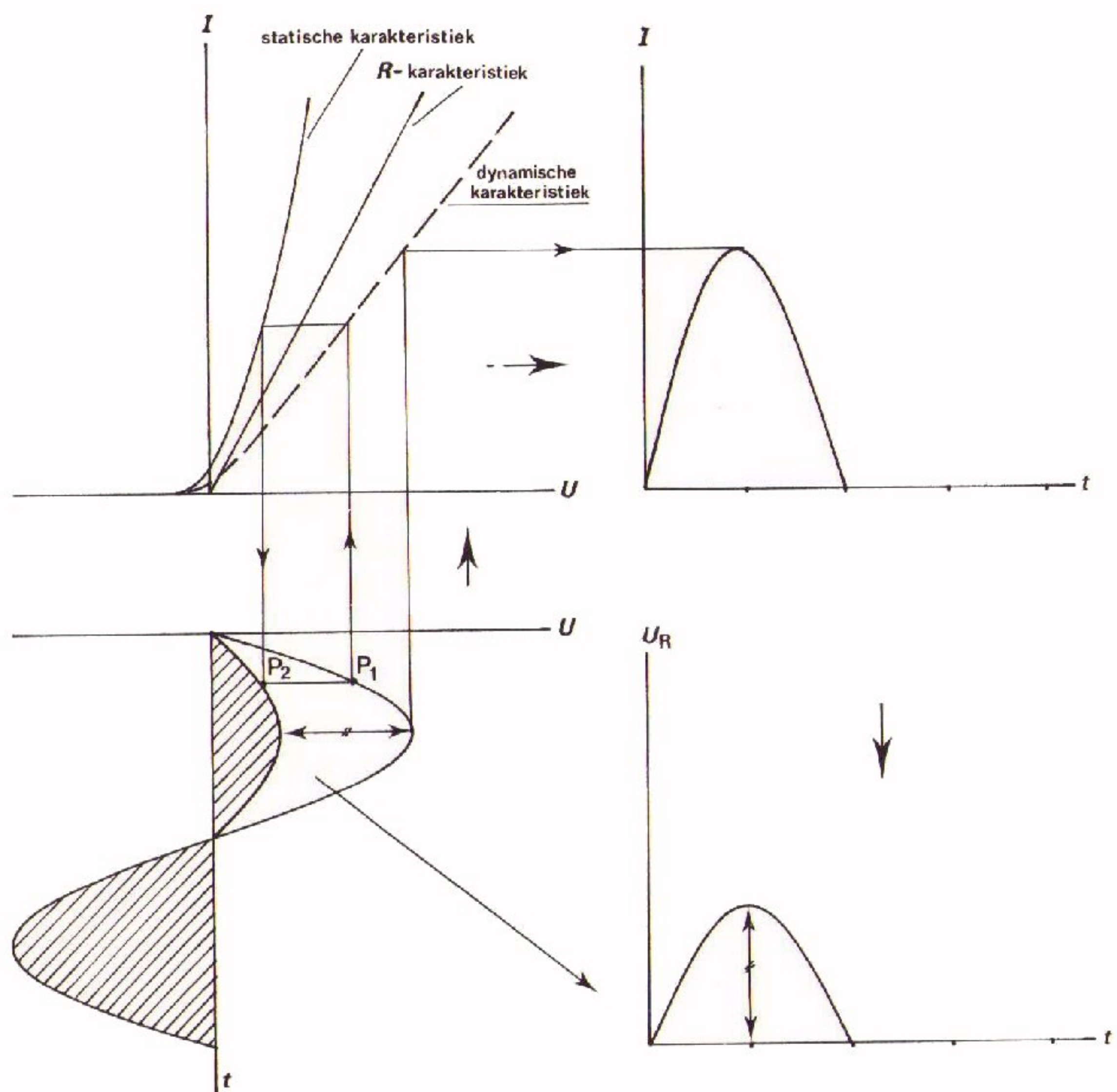


Hier is een serieschakeling van een weerstand en een diode op een sinusvormige wisselspanning aangesloten.

Op volgend blad is weer de grafiek van stroom I en spanning U getekend met daarin de statische en dynamische karakteristieken van de diode en de weerstand-karakteristiek.
Daaronder is "op zijn kant" de grafiek van de totale spanning U weergegeven. Deze sinusvormige spanning staat over de serieschakeling van diode en weerstand.
Tijdens het doorlopen van één periode variëren de diodestroom en de diodespanning; het instelpunt beweegt langs de dynamische karakteristiek heen en weer.
Als U_{mom} positief is gaat er wel stroom door de diode.
Stel: de momentele waarde van de totale spanning is gelijk aan P_1 (zie figuur volgend blad). De diodespanning vindt men dan via de dynamische karakteristiek als aangegeven in de figuur. Ga na dat de diodespanning U_V op dit moment wordt weergegeven door P_2.
Tijdens de positieve helft van de periode verloopt de spanning U_V als aangegeven in de figuur (schuin gestreepte deel). Het merendeel van de spanning staat over de weerstand R (het niet gestreepte gedeelte van de positieve periodehelft).

Geheel rechts op volgend blad is het verloop van de stroom door de serieschakeling gegeven. Deze vinden we met behulp van de dynamische karakteristiek.

De spanning U_R is gelijk aan $U_R = R.I_V$; deze verloopt dus juist zo als de stroom door de schakeling. We hebben dit nog eens apart onder de grafiek van I getekend.


I
statische karakteristiek
R- karakteristiek
dynamische
karakteristiek
U
I
t
U
P2
P1
t
UR
t

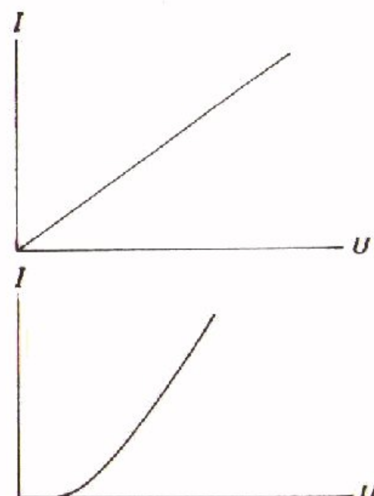
- Bij een *lineaire component* is de *karakteristiek* (de grafiek van I tegen U) een *rechte lijn*.

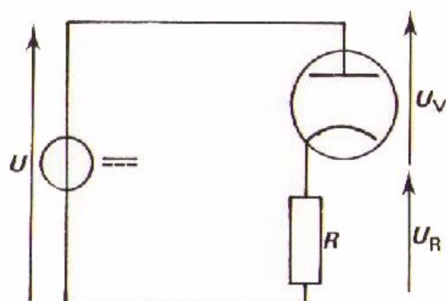
  $R_i = \frac{U}{I}$ *is constant.*

- Bij een *niet-lineaire component* is de karakteristiek *krom*.

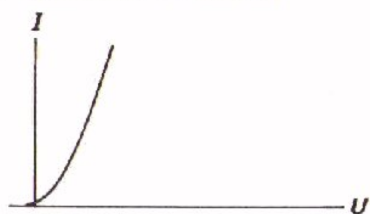
  $R_i = \frac{U}{I}$ is niet constant.

  maar afhankelijk van de stroom en de spanning, of kortweg van de *instelling*.

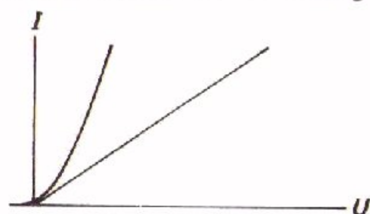




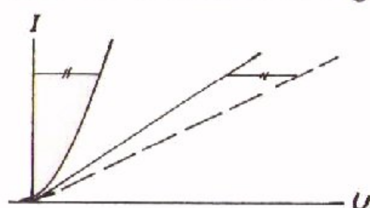
Worden een lineaire en een niet-lineaire component in serie aangesloten op een gelijkspanningsbron, dan kan men de instelling bepalen met behulp van de *dynamische karakteristiek*.
In het geval van de serieschakeling van een diode en een weerstand gaan we als volgt te werk.



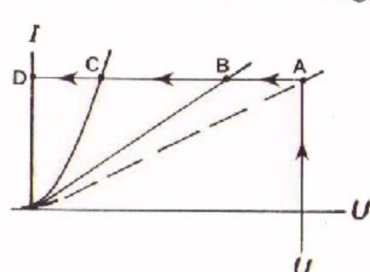
Teken eerst de statische karakteristiek van de niet-lineaire component alléén.



Teken vervolgens de weerstandkarakteristiek erbij.

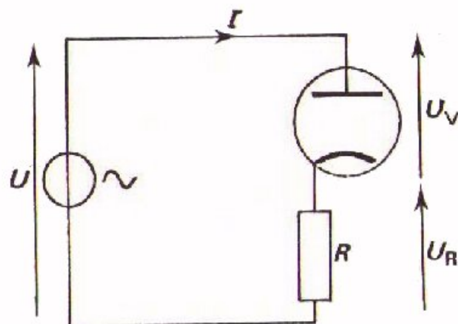


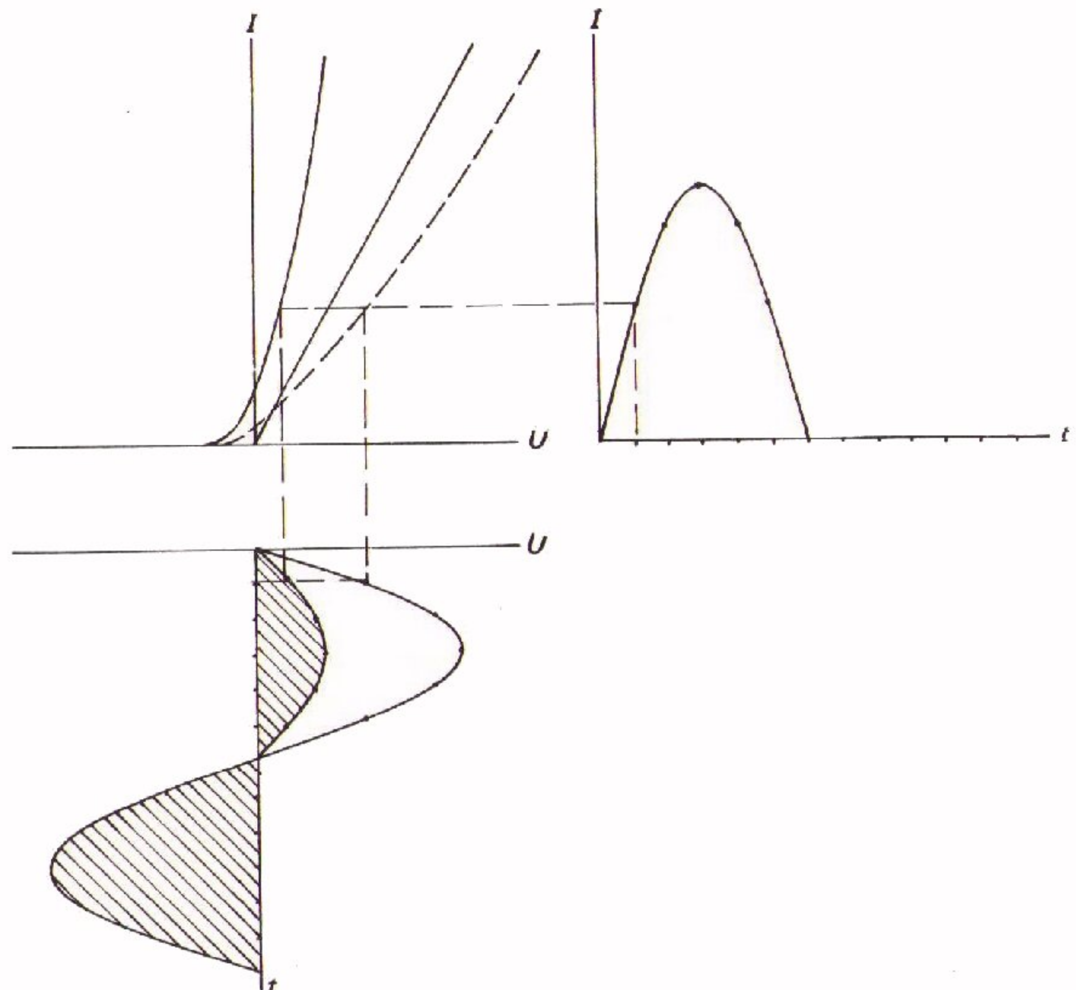
Teken daarna de dynamische karakteristiek door voor diverse I-waarden U_V en U_R op te tellen.

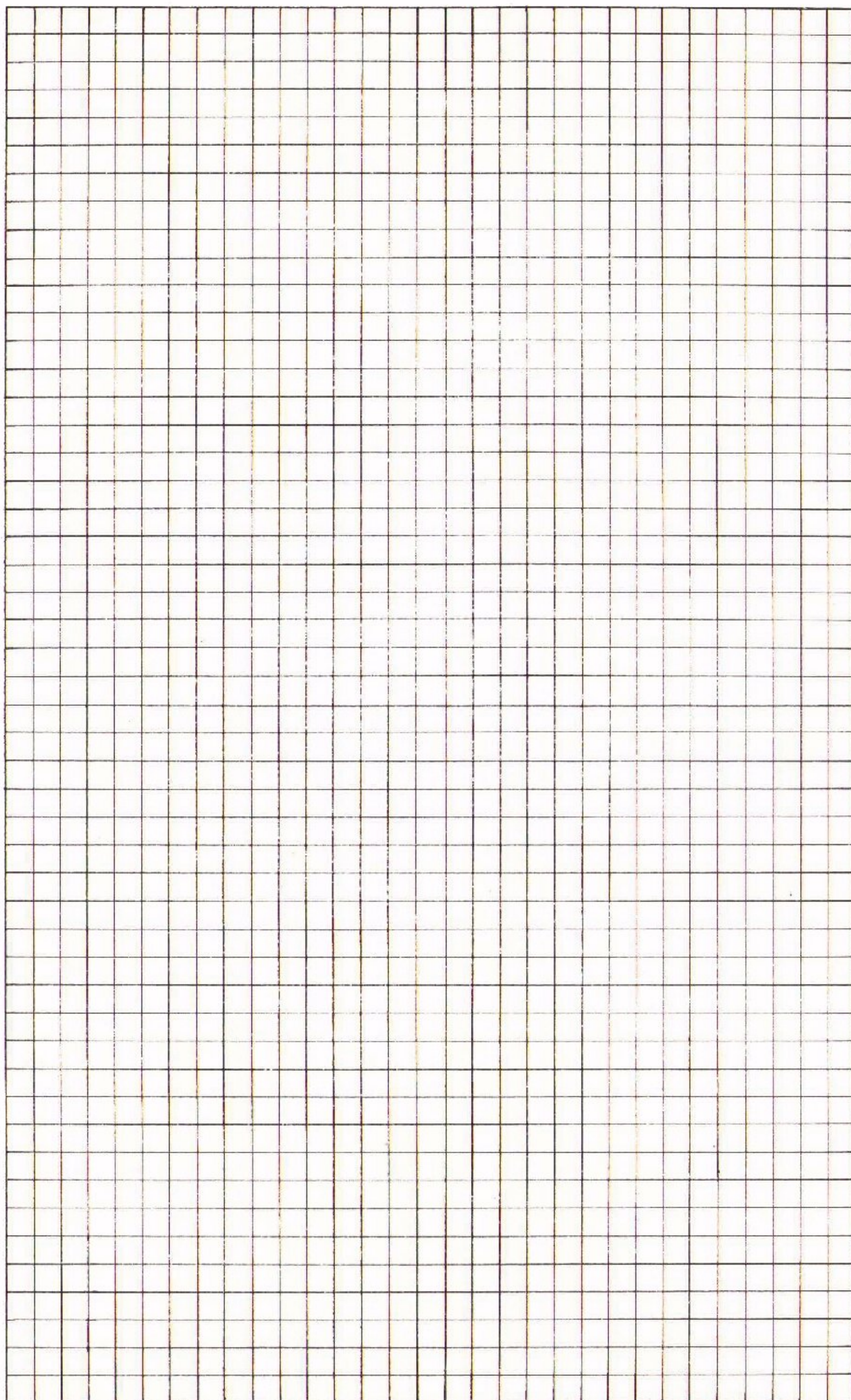


Door U_{tot} naar de punten D, B en C over te halen vindt men I, U_R en U_V.

● Het grote belang van de dynamische karakteristiek is, dat men snel in kan zien hoe een spanning door een schakeling wordt verwerkt. Als voorbeeld staat hieronder getekend hoe een diode in serie met een weerstand een sinusvormige wisselspanning verwerkt.

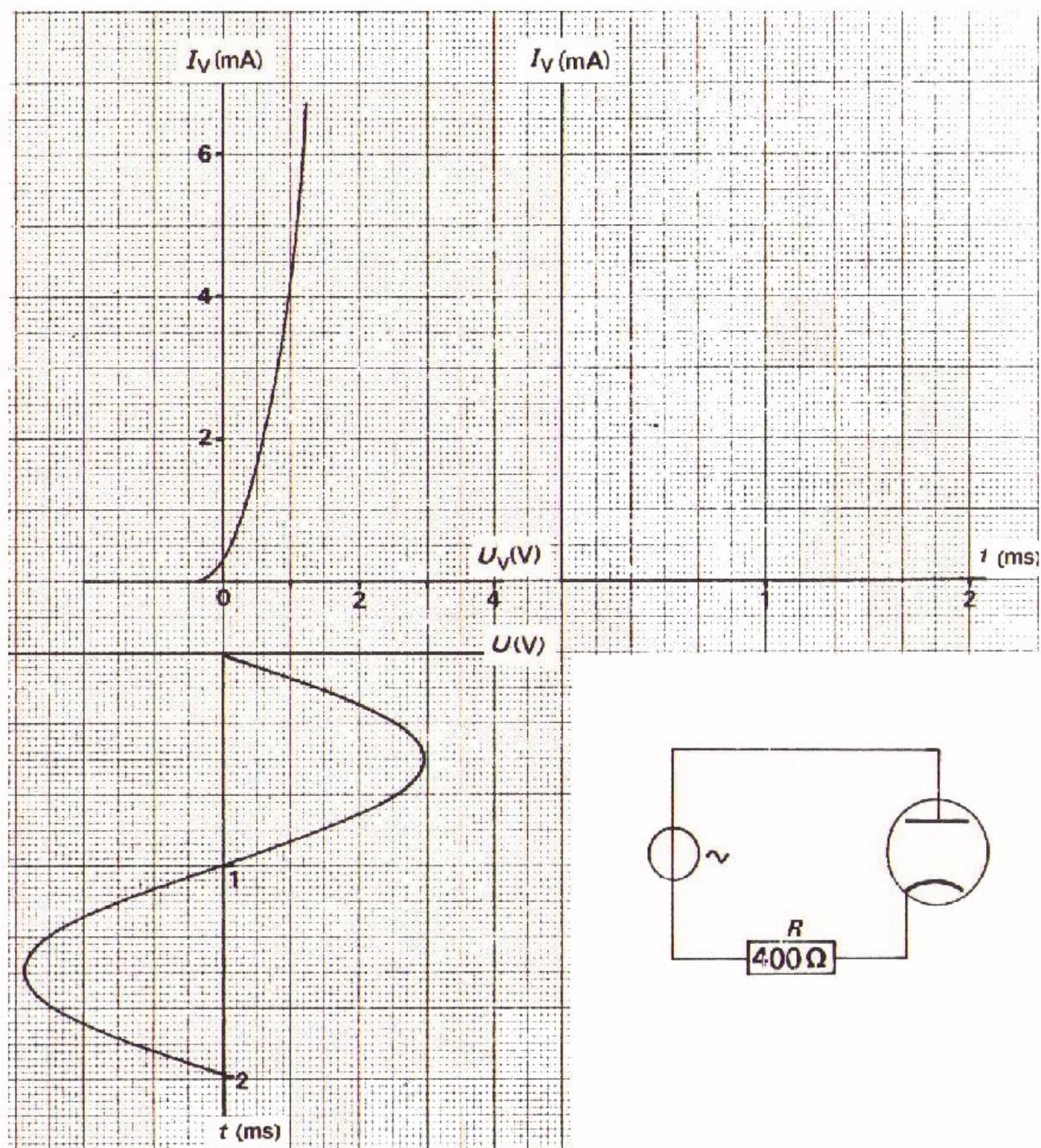






NAAM: 　　　　　　　　　　KLAS:

OEFENING



- Teken de weerstandkarakteristiek

- Construeer de dynamische karakteristiek

- Construeer rechts boven de grafiek van de diodestroom I_V

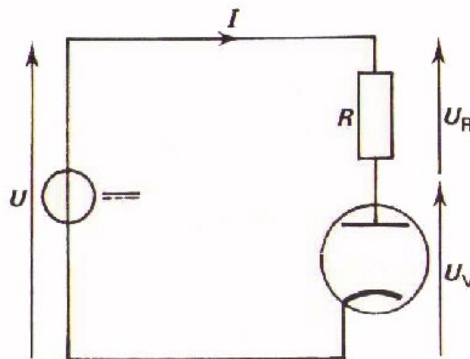
- Teken in de grafiek van U beneden hoe de spanning U_V over de diode verloopt. Geef dit met schuine lijntjes ("gearceerd") aan.

B 303

DE BELASTINGLIJN

INLEIDING

We sluiten een component met een niet-lineaire karakteristiek (in dit geval een vacuümdiode) in serie met een weerstand *R* aan op een gelijkspanning.

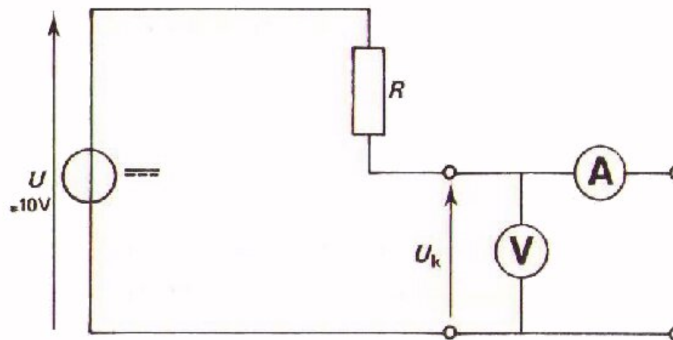


We willen nu de stroom *I* door deze schakeling en de spanningen U_R en U_V over weerstand en diode bepalen. Dit lukt ons niet op eenvoudige wijze omdat de weerstand van de diode afhangt van zijn instelling, en die is niet bekend.

Eén manier om de instelling, (d.w.z. I_V en U_V) te bepalen is de statische karakteristiek van de diode en de karakteristiek van de weerstand te combineren tot de zogenaamde dynamische karakteristiek van het geheel. In de vorige les is dit uitvoerig ter sprake geweest.

Een tweede manier is die waarbij men de statische karakteristiek van de diode de zogenaamde *belastinglijn* van de serieweerstand construeert. Hieruit is dan de instelling van de diode te zien. Deze tweede methode bespreken we in deze les.

OPDRACHT: HET METEN VAN DE KLEMSPANNING BIJ VERSCHILLENDE BELASTINGEN



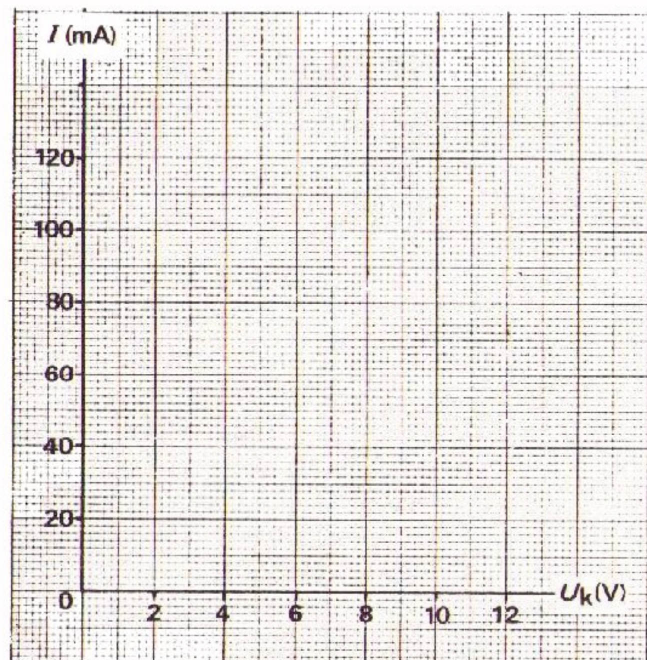
- Bouw deze schakeling

- U heeft een weerstand van 220 Ω en een potmeter van 220 Ω ter beschikking. Daarmee moet U de schakeling tussen de punten A en B belasten.

- Zorg ervoor dat de in onderstaande tabel gegeven stromen achtereenvolgens door de schakeling lopen. Meet de daarbij optredende spanningen U_k en noteer deze in de tabel.

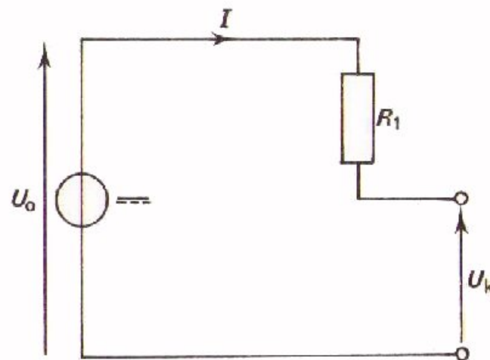
- Zet de gemeten waarden uit in de grafiek en verbind de punten door een lijn.

I (mA)	U_k (V)
0	
20	
40	
60	
80	
100	



CONCLUSIE UIT DE METING

In de voorafgaande opdracht hadden we te maken met een serieschakeling van een ideale spanningsbron en een weerstand R_1. Deze serieschakeling belastten we door achtereenvolgens verschillende stromen af te nemen.



Bij elke stroom hebben we de klemspanning U_k gemeten.
Deze neemt af bij toenemende stroom; immers:

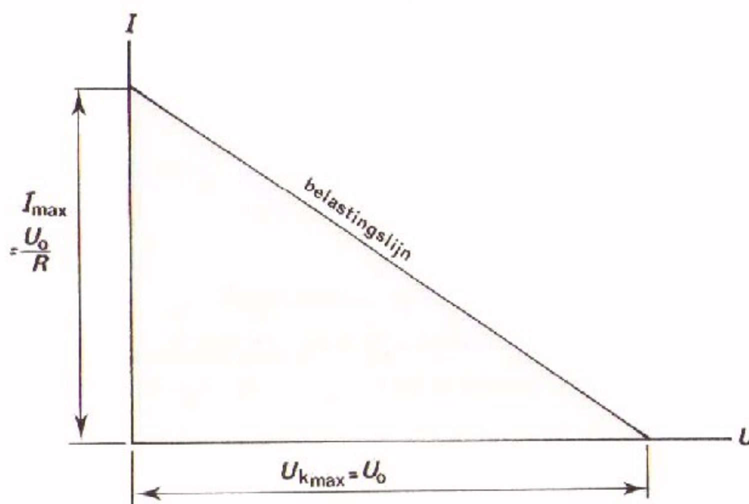
$$U_k = U_o - R_1 I$$

Bij toenemende stroom neemt het spanningsverlies over R_1 toe.

De grafiek waarin de bij elkaar behorende waarden van I en U_k zijn uitgezet blijkt een rechte lijn te zijn.

Deze lijn, die de toestand bij verschillende belastingen vastlegt, noemt men de *belastinglijn.*

De belastinglijn loopt blijkbaar van het punt $U_{kmax} = U_o$ op de U_k-as naar het punt $I_{max} = \frac{U_o}{R_1}$ op de I-as.



Merk op:

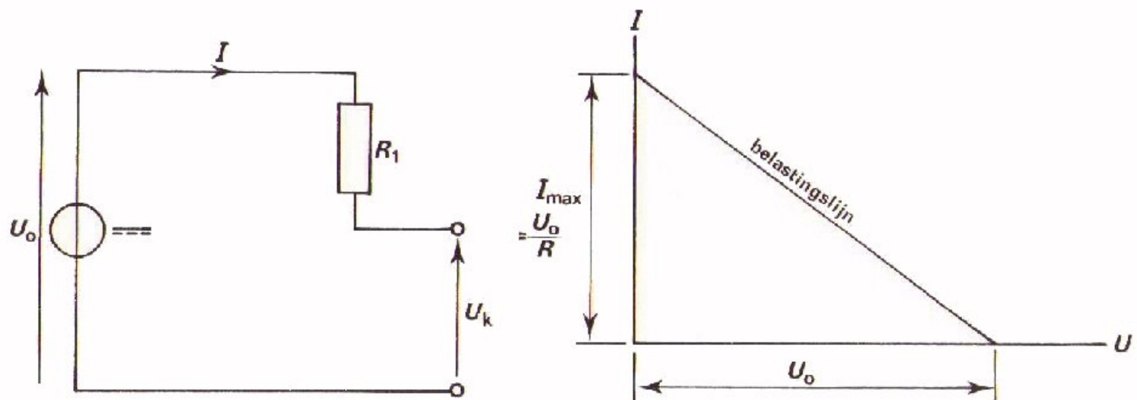
$$R_1 = \frac{U_o}{I_{max}}$$

Bij onze meting:

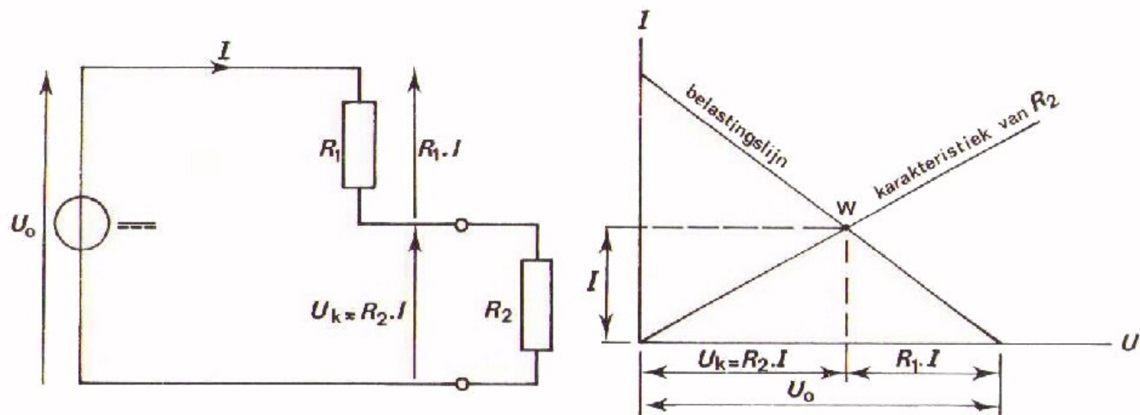
$$R_1 = \frac{U_o}{I_{max}} = \frac{10}{0,1} = 100\ \Omega$$

NADERE BESCHOUWING VAN DE BELASTE TOESTAND

We hebben gezien dat een serieschakeling van een spanningsbron en een weerstand R_1 bij belasting volgende belastinglijn geeft.



Laten we nu eens veronderstellen dat we met R_1 een bekende weerstand R_2 in serie schakelen. Van deze weerstand kunnen we de karakteristiek bij de belastinglijn tekenen.



De belastinglijn en de karakteristiek van R_2 snijden elkaar in het punt W.

Wat is de betekenis van dit punt?

Bij het punt W behoort de waarde van de stroom die zowel door R_1 als R_2 loopt; het is de stroom I door de serieschakeling.

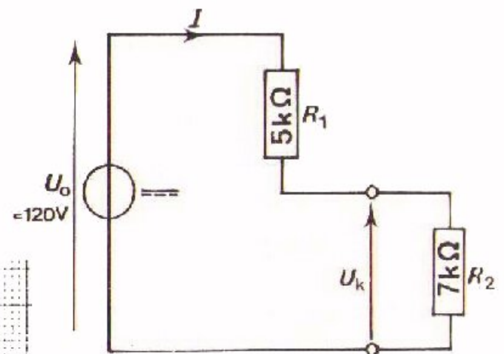
Het punt W ligt namelijk enerzijds op de belastinglijn, zodat bij dit punt de spanning U_k hoort. Anderzijds ligt W op de karakteristiek van R_2, zodat de spanning over deze weerstand $R_2.I$ erbij hoort.

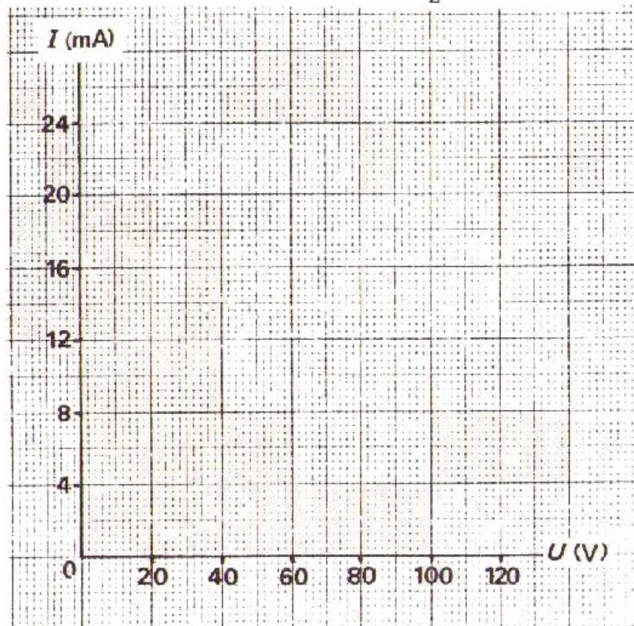
Dit klopt geheel, want $U_k = R_2.I$.

Verder is in de grafiek onmiddellijk de spanning $R_1.I$ aan te wijzen, want: $R_1.I = U_o - U_k$

OEFENING

- Teken voor deze schakeling in onderstaand assenstelsel:
  - de belastinglijn
  - de karakteristiek van R_2.





Hoe groot zijn:

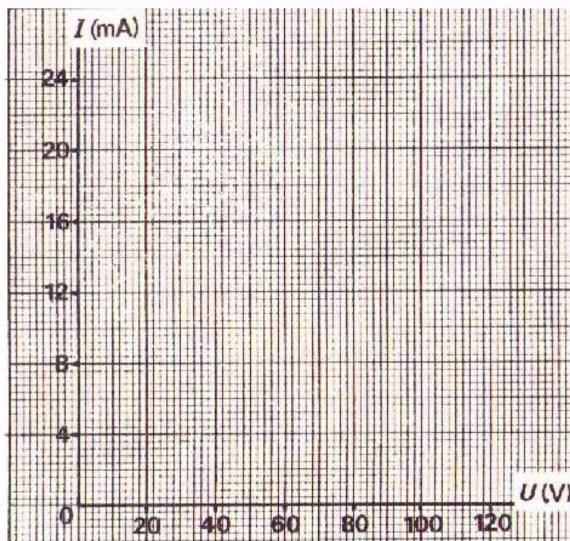
I, U_k en $R_1 . I$?

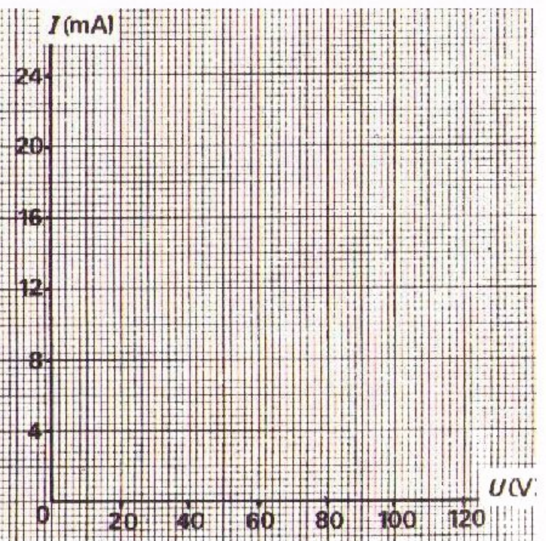
I = [mA]

U_k = [V]

$R_1 . I$ = [V]

- Teken hieronder het geval dat R_1 = 10 kΩ. De rest van de schakeling blijft gelijk.
- Teken hieronder het geval dat R_1 = 5 kΩ en R_2 = 7 kΩ, maar: U = 90V





Hier zijn: I ≃ [mA] I = [mA]

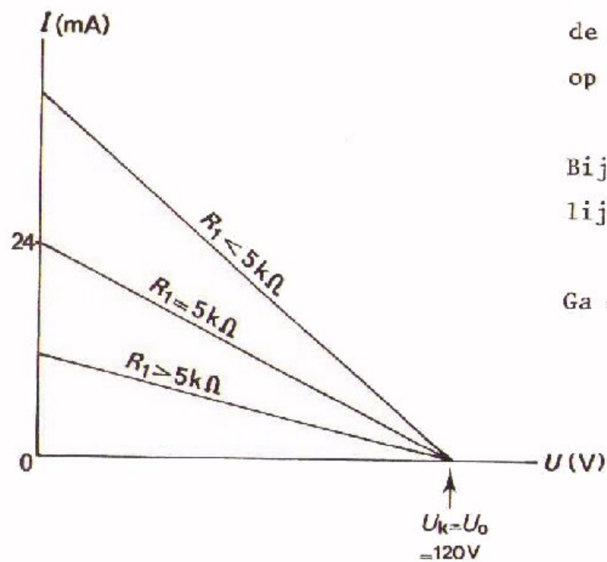
U_k ≃ [V] U_k = [V]

CONCLUSIES UIT DE OEFENINGEN

Als de totale spanning U_0 ongewijzigd blijft en R_1 verandert, dan draait de belastinglijn om het punt $U_k = U_0$ op de horizontale as.

Bij toenemende R_1 draait de belastinglijn linksom; hij loopt minder steil.

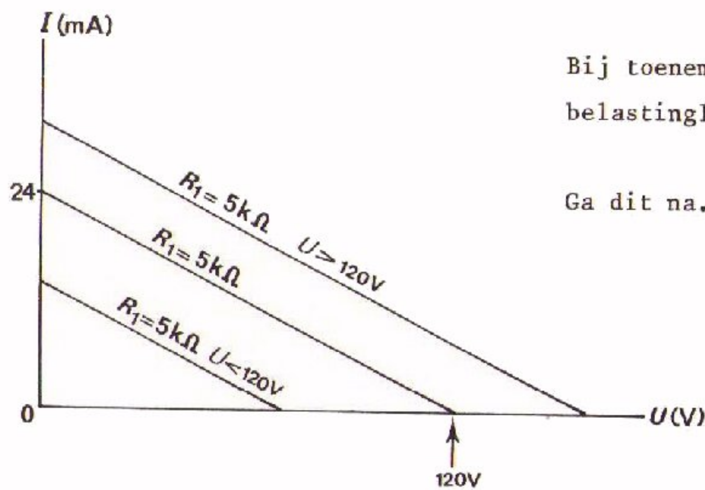
Ga dit zorgvuldig na.



Als R_1 hetzelfde blijft en de totale spanning U_0 verandert, dan schuift de belastinglijn evenwijdig op.

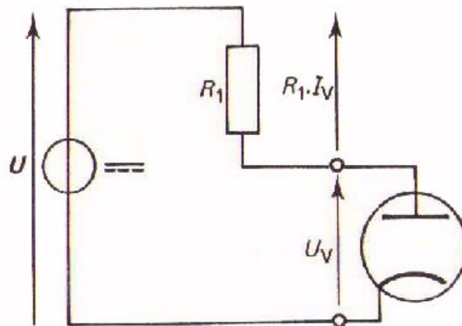
Bij toenemende U_0 schuift de belastinglijn naar rechts.

Ga dit na.

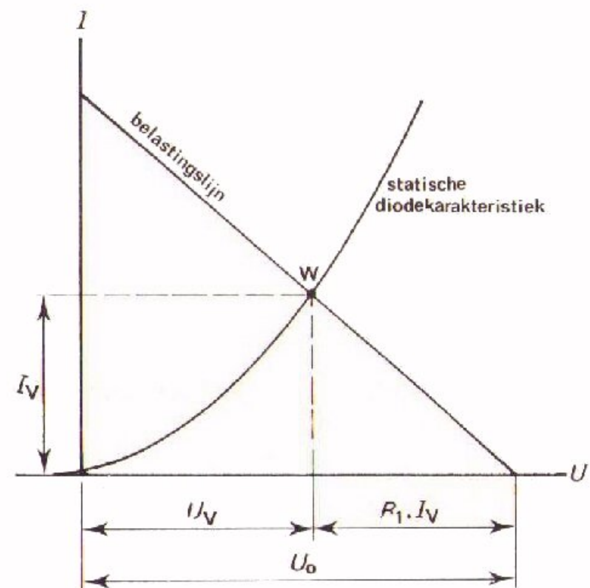


DE BEPALING VAN DE DIODE-INSTELLING

In het voorafgaande hebben we een serieschakeling van een spanningsbron en een weerstand belast met een tweede weerstand. Nu gaan we dit doen met een diode. De instelling van de diode gaan we bepalen met behulp van een belastinglijn.



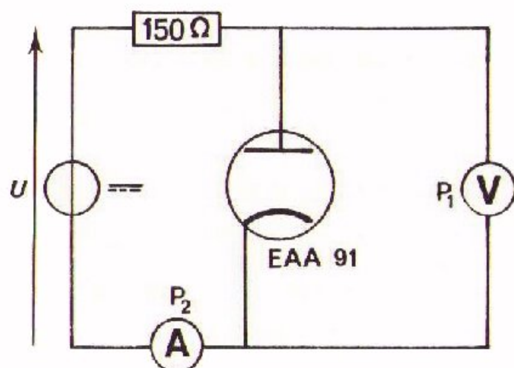
In de schakeling is R_2 nu vervangen door een diode. In de grafiek moeten we daarom in plaats van de karakteristiek van R_2 die van de diode tekenen.
Hieronder is dit gedaan.



Het snijpunt W van de belastinglijn en de diodekarakteristiek is nu het *instelpunt* of *werkpunt* van de diode.
Met W liggen I_V en U_V vast, terwijl ook $R_1.I_V$ bekend is.

Immers: $U_o = U_V + R_1.I_V$, zodat $R_1.I_V = U - U_V$.

OPDRACHT: HET BEPALEN VAN DE DIODE-INSTELLING



- Bouw deze schakeling.

- Meet de statische diodekarakteristiek van één van de diodes van de EAA-91. Houd daarbij de waarden van de spanning, resp. de stroom, aan uit volgende tabel. Vul de gevonden spanningen in de tabel in.

I_V (mA)	U_V (V)
0	
	0
1	
2	
3	
4	
6	
8	
10	

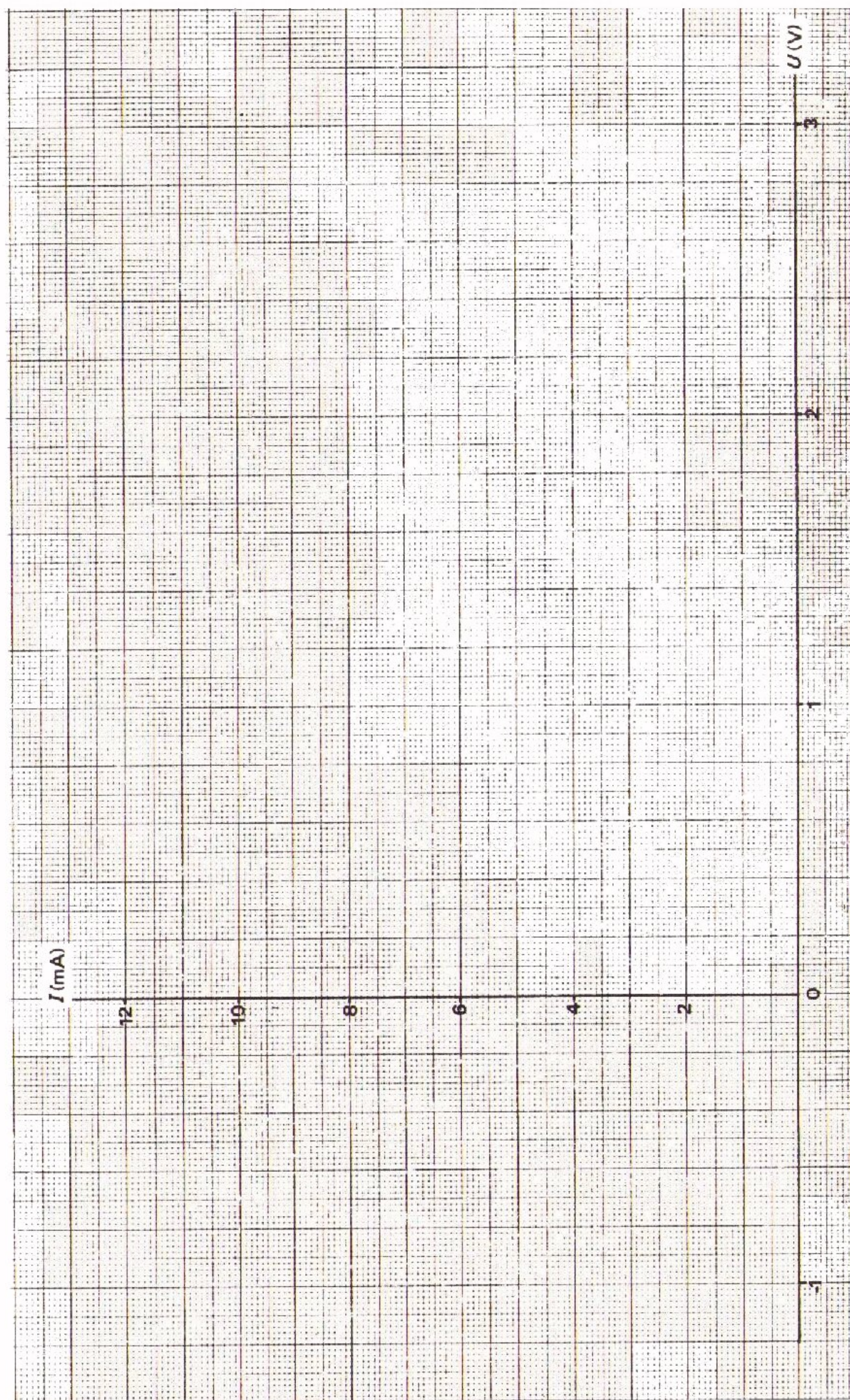
- Teken de diodekarakteristiek in de grafiek op volgend blad.

- Teken in dezelfde grafiek de belastinglijnen voor R = 150 Ω en de spanningen U_o = 1 V, 2 V en 3 V.

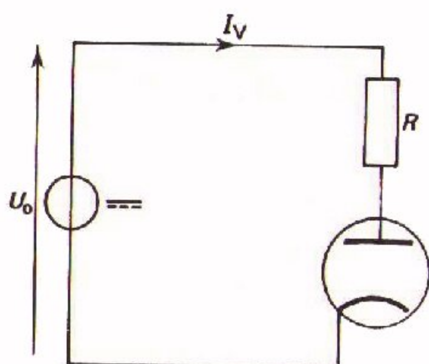
- Bepaal de werkpunten W_1, W_2 en W_3 bij deze spanningen. Lees uit de grafiek af bij:

U_o = 1 V	U_V = ☐	I_V = ☐
U_o = 2 V	= ☐	= ☐
U_o = 3 V	= ☐	= ☐

- Stel de spanningsbron nu achtereenvolgens in op 1 V, 2 V en 3 V en ga na of bovenstaande waarden van U_V en I_V door de meters worden aangegeven.


I (mA)
12
10
8
6
4
2
0
U (V)
3
2
1
-1

BEPALING VAN DE SERIEWEERSTAND

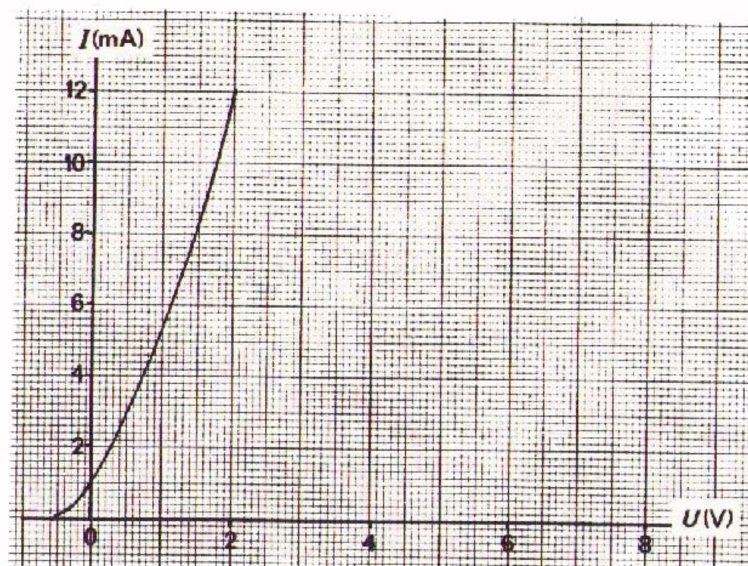


In de praktijk komen we het probleem wel als volgt tegen:

Gegeven is een bepaalde spanning *U*. Gegeven is een diode met zijn karakteristiek.

Men moet dan de waarde van een weerstand *R* bepalen, die nodig is voor een gewenste instelling.

Gegeven een diode EAA 91 met volgende karakteristiek.



Gegeven is een totale spanning $U = 2{,}5V$

Gevraagd de weerstand *R* te bepalen waarbij de diode zich instelt op 5 mA.

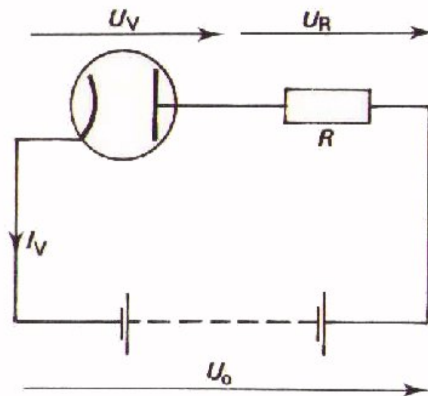
Teken eerst de belastinglijn en bepaal dan *R*.

R =

Hoe groot moet *R* zijn voor een instelling bij I_V = 8 mA, als $U = 5{,}5V$?

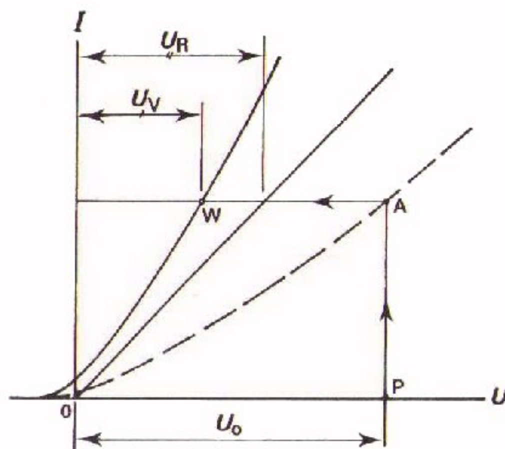
R =

SAMENVATTING



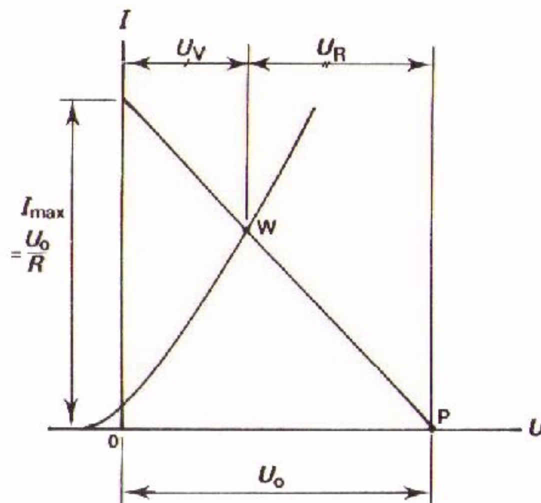
Het instel- of *werkpunt* W van een diode die in serie met een weerstand R op een gelijkspanning is aangesloten kan men bepalen door:

- de statische diodekarakteristiek te tekenen,
- de weerstand-karakteristiek van R erbij te tekenen,
- de *dynamische karakteristiek* te construeren door U_V en U_R op te tellen, telkens voor weer een andere I_V,
- punt P op de U_V - as eerst verticaal naar A en uit A horizontaal naar W over te halen.



We kunnen het werkpunt W ook bepalen door middel van:

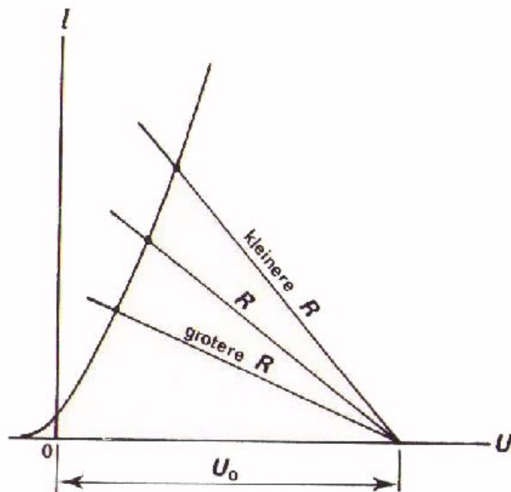
- de statische karakteristiek van de diode te tekenen,
- de belastinglijn erbij te tekenen,
- het snijpunt van deze twee lijnen te bepalen.



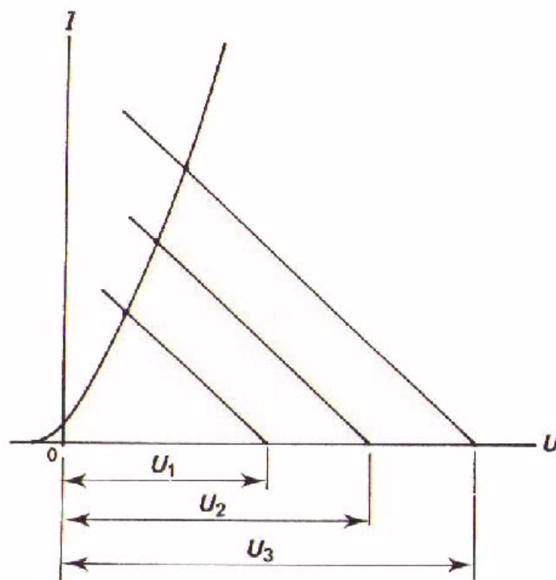
De belastinglijn tekent men vanaf het punt P op de horizontale as, waar geldt $U_V = U_o$.

De belastinglijn eindigt op de verticale as in het punt

$I_{max} = \frac{U_o}{R}$.



Als U constant is en de waarde van de belastingweerstand R verandert, draait de belastinglijn om punt P.

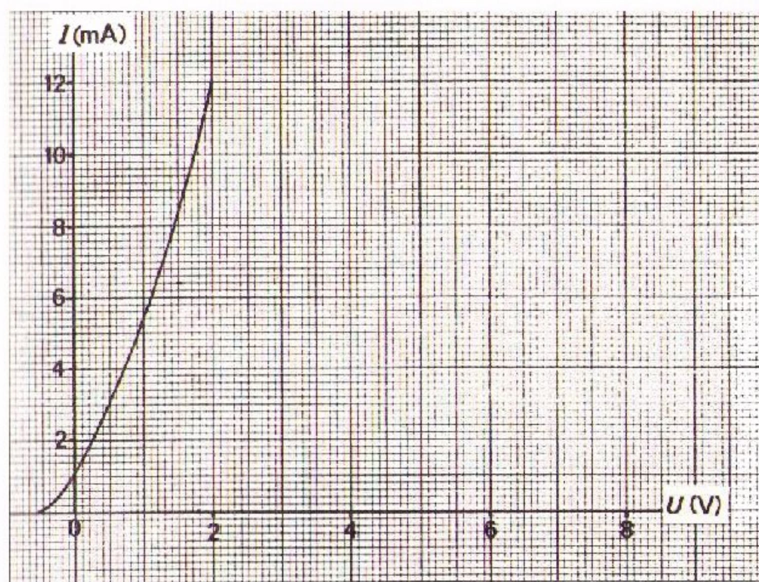


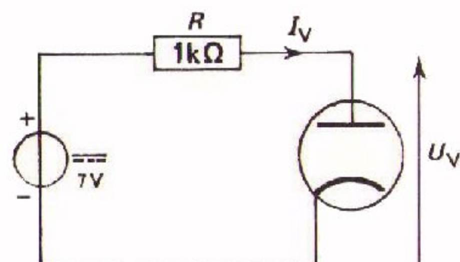
Als R constant is en U verandert, schuift de belastinglijn hierdoor evenwijdig aan zijn oorspronkelijke stand op.

NAAM:

KLAS:

OEFENINGEN



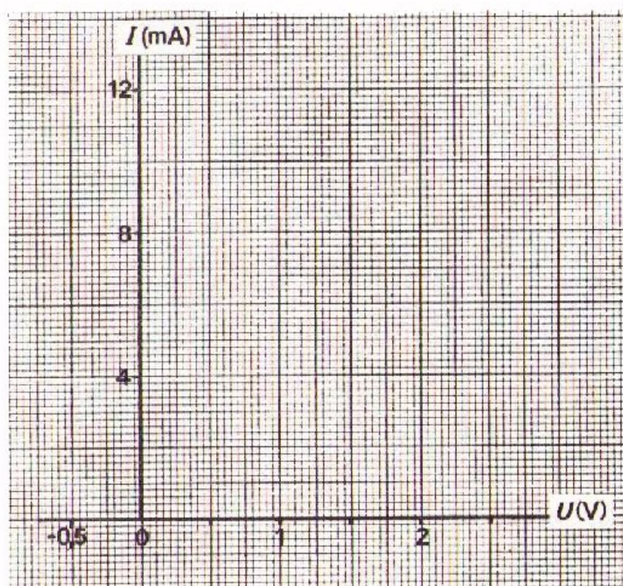


Teken voor deze schakeling de weerstandkarakteristiek en de dynamische diodekarakteristiek hiernaast.

Bepaal I_V en U_V:

I_V = mA

U_V = V

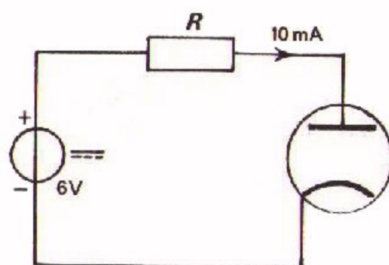


- Teken hiernaast voor dezelfde schakeling de belastinglijn.

- Lees ook nu de waarden van I_V en U_V af:

I_V = mA

U_V = V



- Stel nu dat de diode 10 mA stroom moet voeren bij een voedingsspanning van 6V.
- Teken eerst voor dit geval de belastinglijn in onderste grafiek.

Hoe groot dient men *R* dan te nemen?

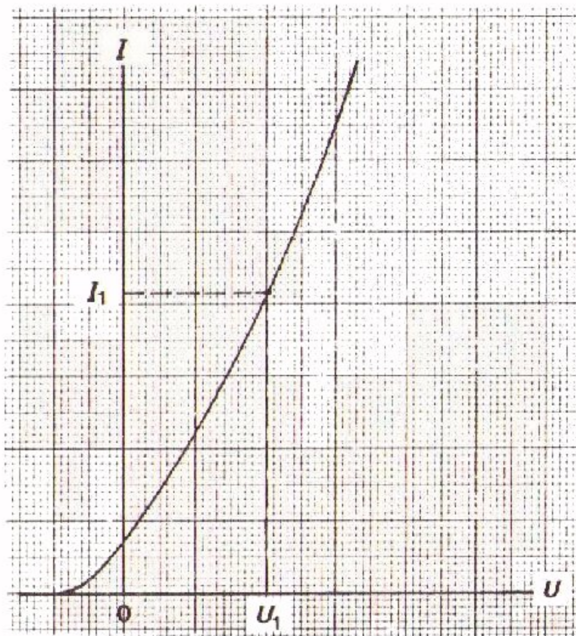
R =

B 304

TOEPASSING VAN DE VACUUMDIODE

INLEIDING

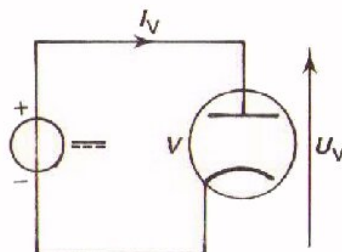
In het voorafgaande hebben we reeds gezien dat een diode werkt als een ventiel. Is de spanning op de anode positief ten opzichte van de kathode, dan laat een vacuümdiode de stroom door. Als de spanning op de anode voldoende negatief is ten opzichte van de kathode, dan wordt de stroom volledig tegengehouden (gesperd).
De eigenschappen van de vacuümdiode worden samengevat in zijn karakteristiek.



Uit de karakteristiek lezen we direct af welke stroom er bij een bepaalde spanning door de diode loopt.

Bij een diodespanning U_1 loopt er een stroom I_1 door de diode.
Bij deze spanning en stroom is de weerstand van de diode gelijk aan de verhouding:

$$\frac{U_1}{I_1}$$



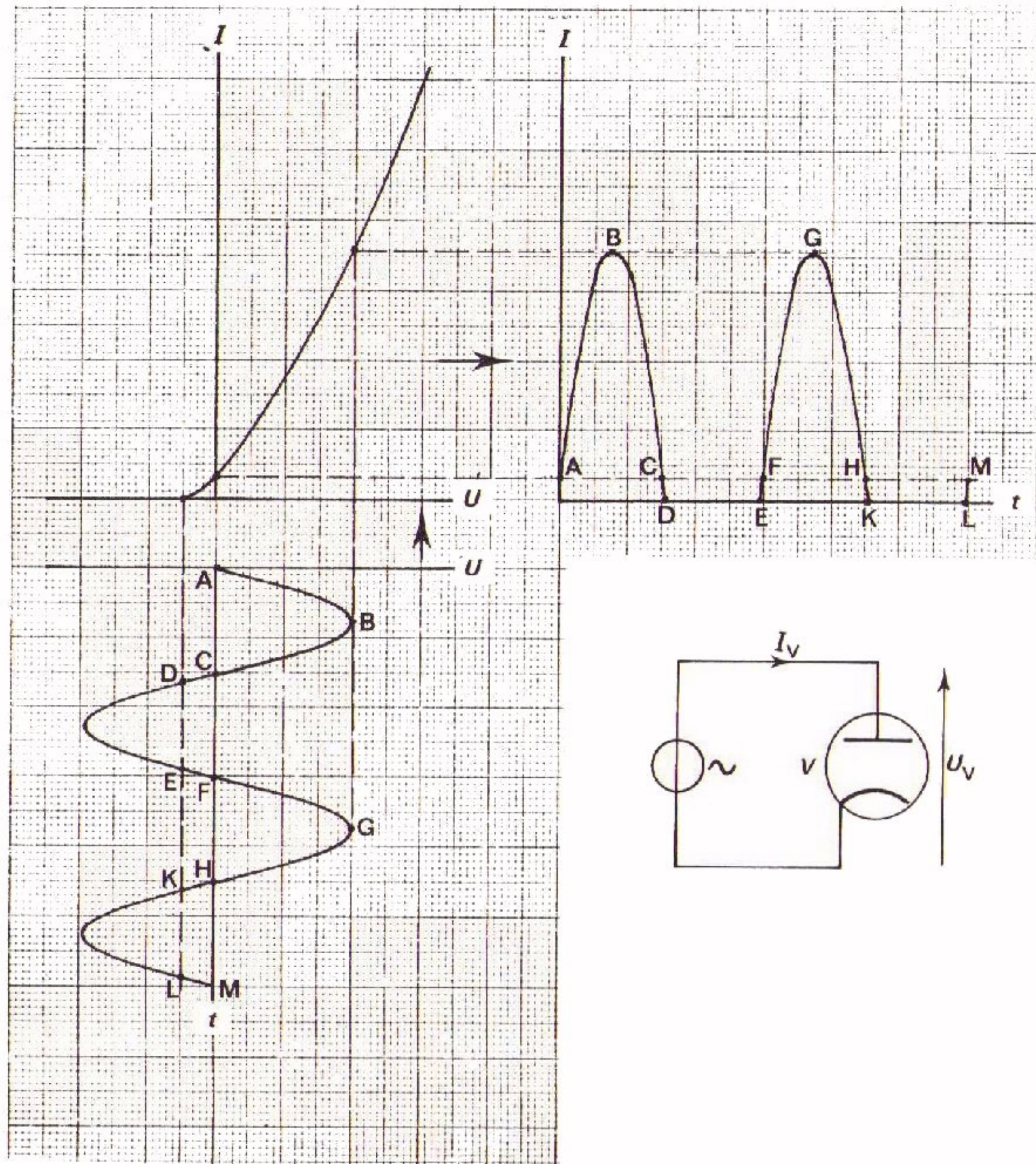
Deze weerstand noemt men de inwendige gelijkstroomweerstand van de diode:

$$R_{i\ \text{gelijk}} = \frac{U_1}{I_1}$$

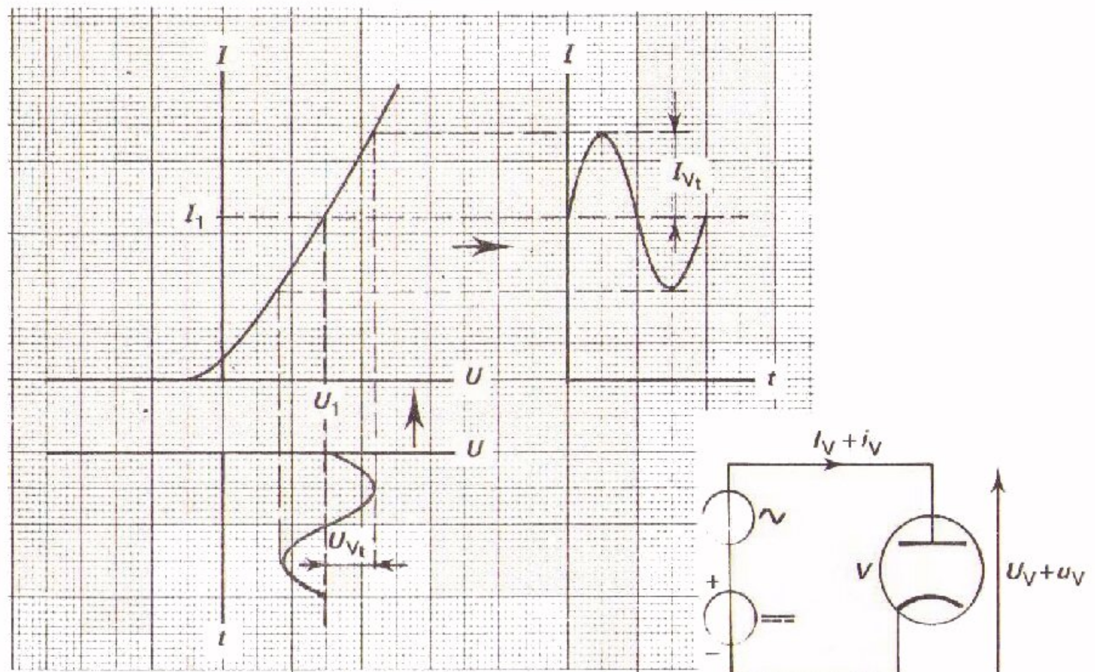
De karakteristiek is niet-lineair. Dit betekent dat de inwendige weerstand van de diode afhangt van zijn instelling. R_i hangt met andere woorden af van de bij elkaar behorende waarden van de spanning over en de stroom door de diode.

WISSELSTROOMGEDRAG VAN DE VACUUMDIODE

In les B302 hebben we reeds gezien hoe een wisselspanning door een vacuümdiode wordt verwerkt. Hieronder is nogmaals de stroom geconstrueerd voor het geval een sinusvormige wisselspanning aan de diode wordt toegevoerd. Ga de constructie nog eens punt voor punt zorgvuldig na.



Hier is een soortgelijke constructie uitgevoerd, maar nu voor het geval dat zowel een gelijk- als een wisselspanning wordt toegevoerd.
Bekijk ook deze constructie zorgvuldig.



In een dergelijk geval is men vaak alleen geïnteresseerd in de "inwendige weerstand voor wisselstroom".
Deze is dan gelijk aan de verhouding:

$$\frac{u_V}{i_V} = R_i \text{ wissel}$$

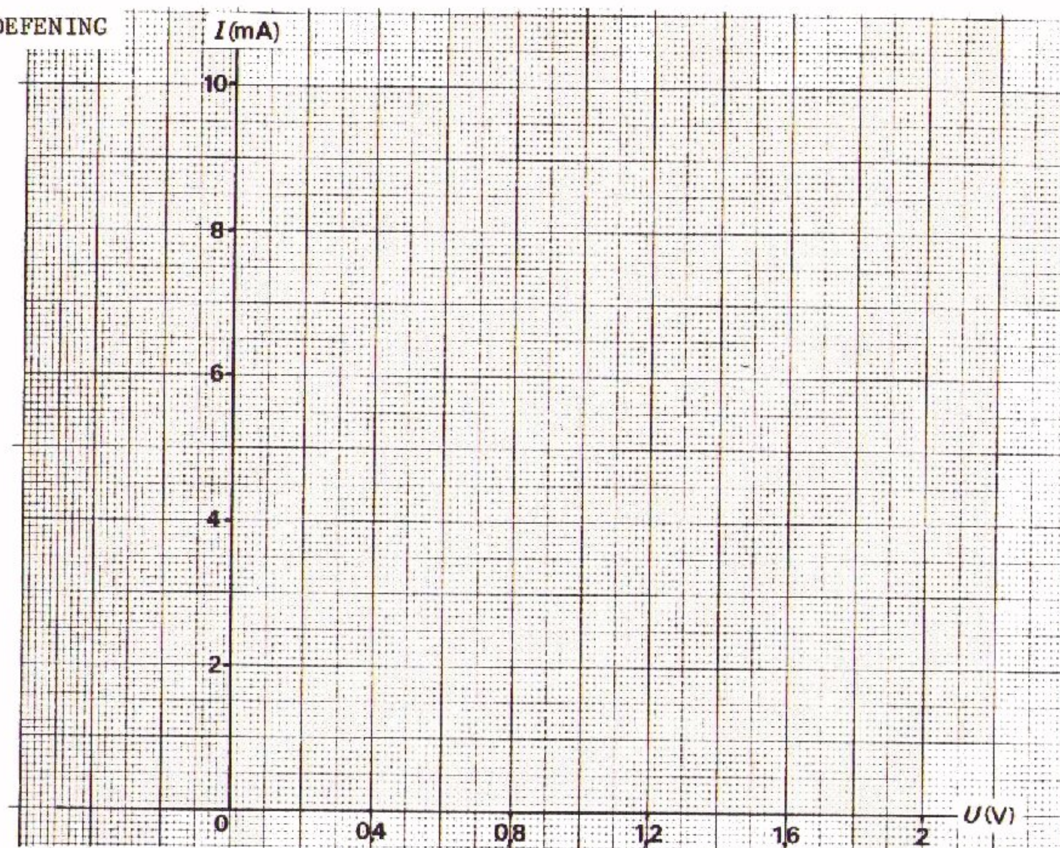
VRAAG Zijn in het boven gegeven voorbeeld de inwendige wisselstroomweerstand $\frac{u_V}{i_V}$ en de inwendige gelijkstroomweerstand $\frac{U_1}{I_1}$ aan elkaar gelijk?

$\frac{u_V}{i_V}$ is

groter dan
gelijk aan
kleiner dan

$\frac{U_1}{I_1}$

OEFENING



Hier is de karakteristiek van een EAA 91 gegeven die U in les B301 zelf hebt gemeten.

Beantwoord volgende vragen aan de hand van deze karakteristiek.

- Bepaal de $R_i = \frac{U_V}{I_V}$ bij een gelijkstroom van 3 mA.

R_i =

- Bepaal de $R_i = \frac{U_V}{I_V}$ bij een gelijkstroom van 7 mA.

R_i =

- Bepaal de $R_i = \frac{\hat{u}_V}{\hat{\imath}_V}$ als $\hat{u}_V$ = 0,2 V bij een gelijkstroominstelling van 3 mA.

R_i =

- Bepaal de $R_i = \frac{\hat{u}_V}{\hat{\imath}_V}$ als $\hat{u}_V$ = 0,2 V bij een gelijkstroominstelling van 7 mA.

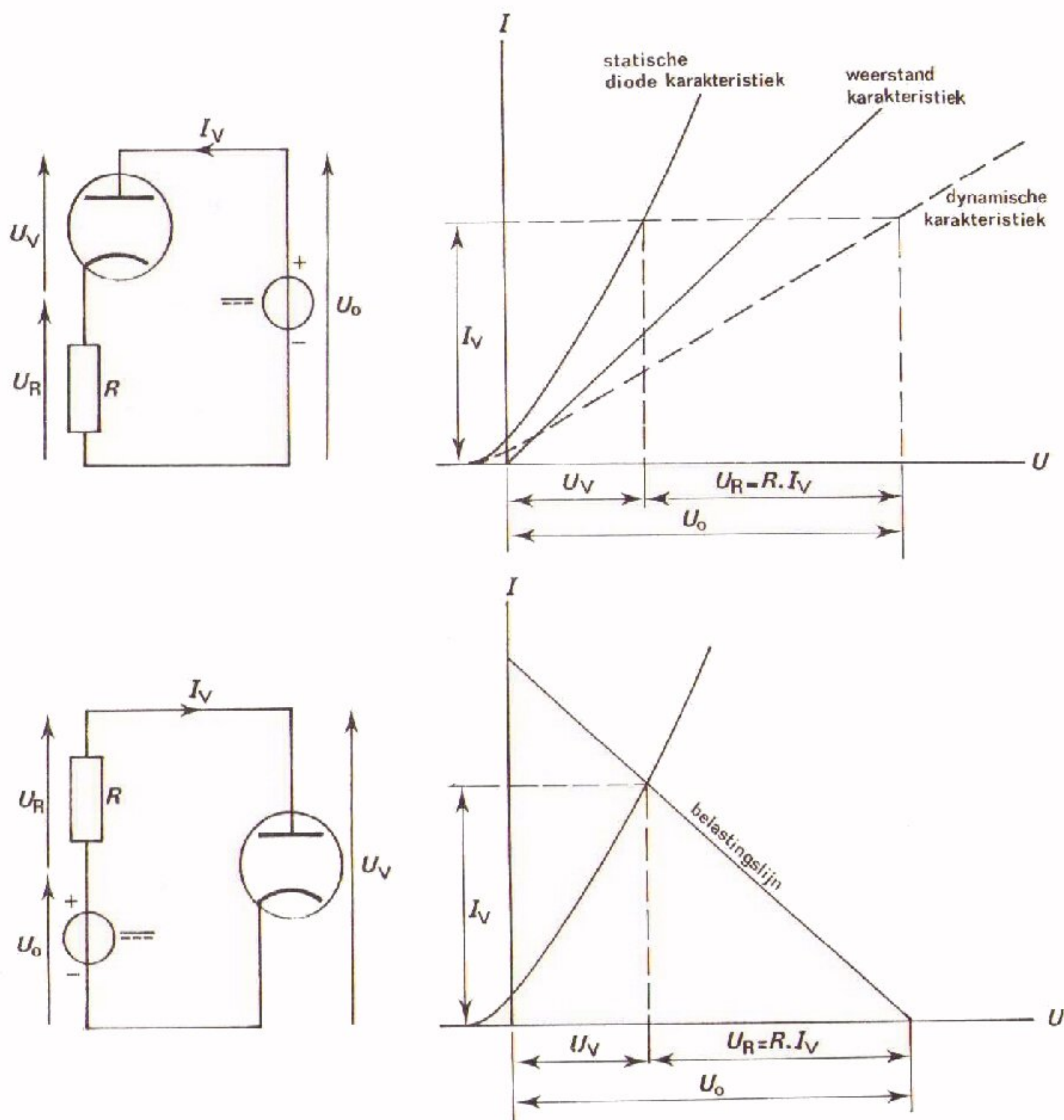
R_i =

INSTELLING VAN EEN VACUUMDIODE

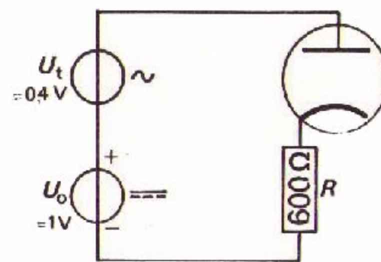
In schakelingen is in serie met de diode meestal een weerstand opgenomen. De instelling kan dan op twee manieren worden bepaald, n.l. met de:

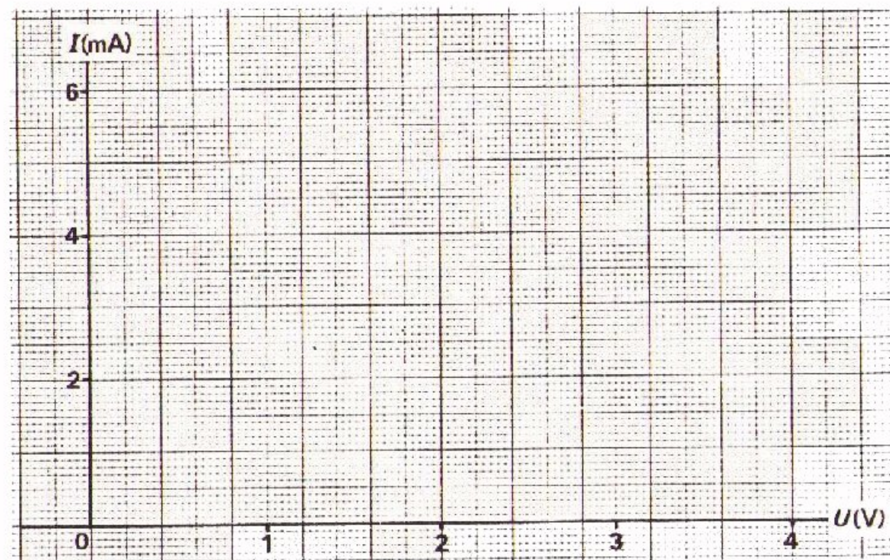
- dynamische karakteristiek
- belastinglijn

We hebben dit in voorafgaande lessen uitvoerig behandeld. Hieronder geven we beide methoden nog eens schematisch weer.



OEFENING



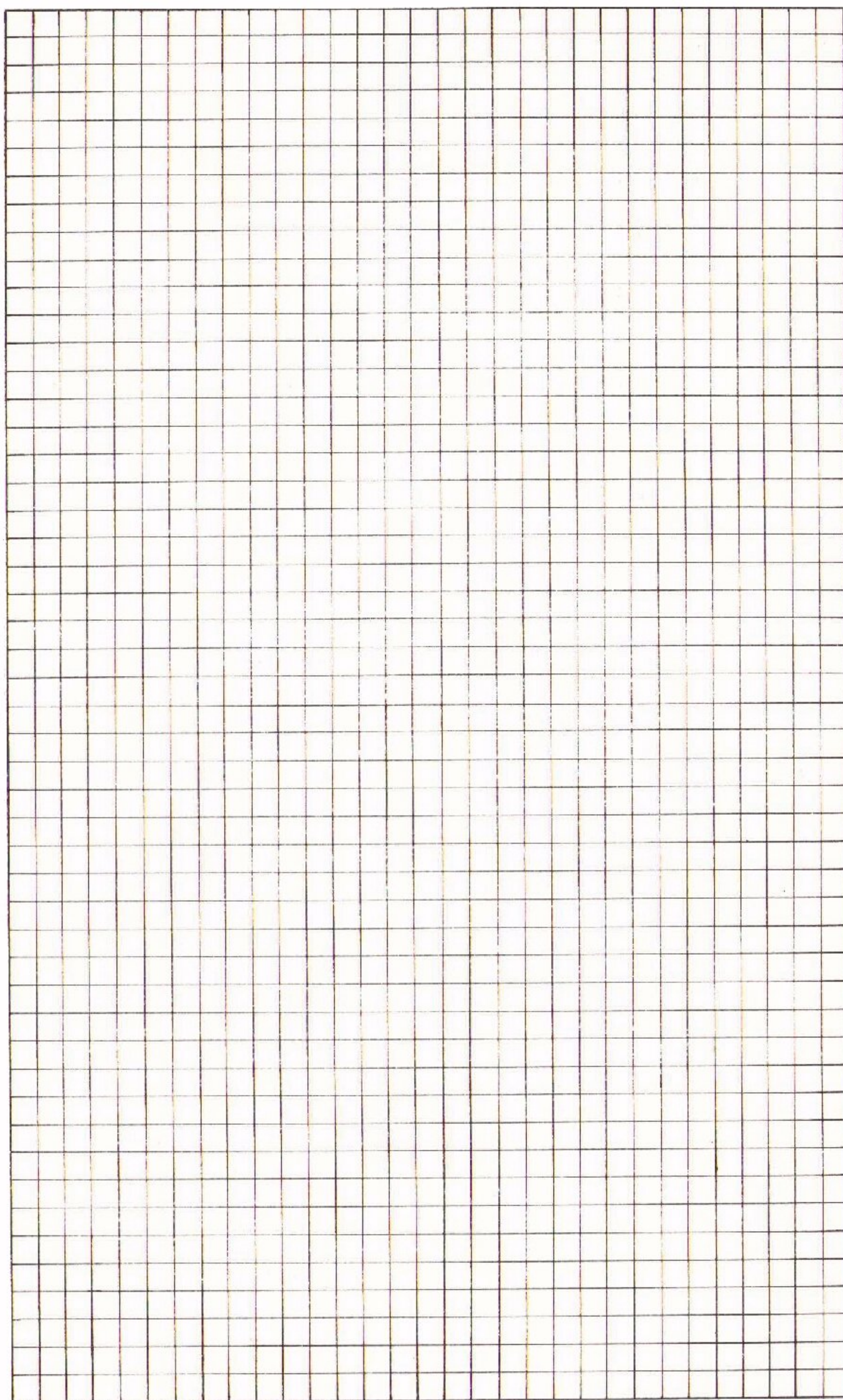


- Bepaal in bovenstaande schakeling de weerstand die de wisselstroombron "ziet".

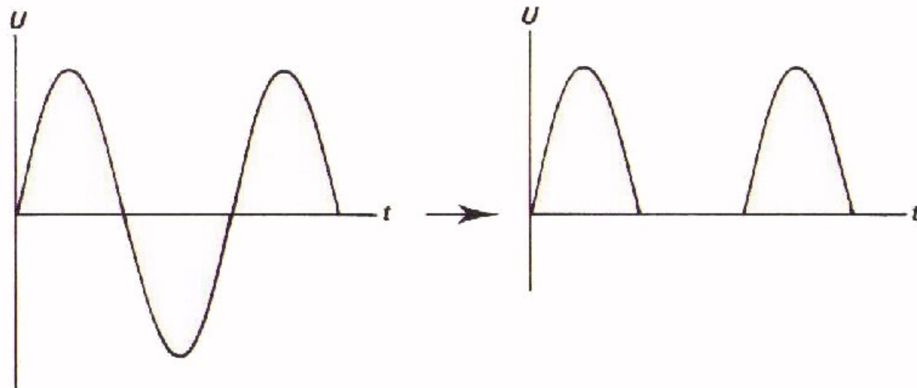
R =

- Hoe groot wordt deze weerstand als U = 4 V wordt gemaakt met behoud van R = 600 Ω en $\hat{u}$ = 0,4 V?

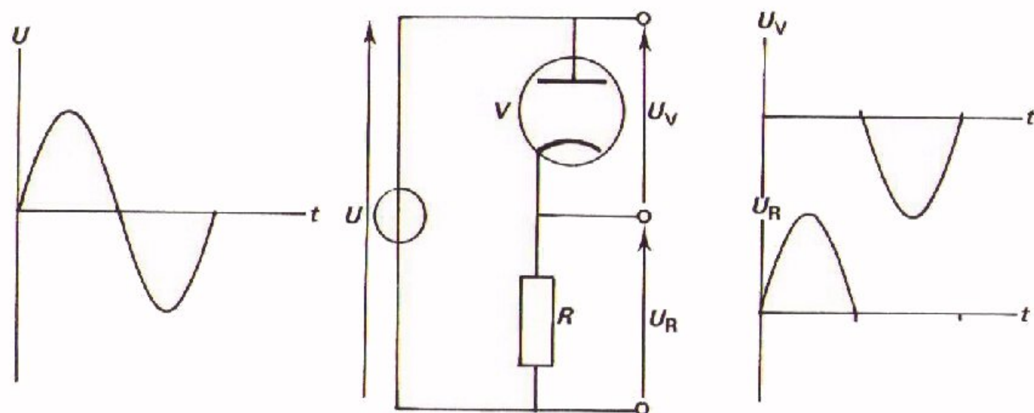
R =



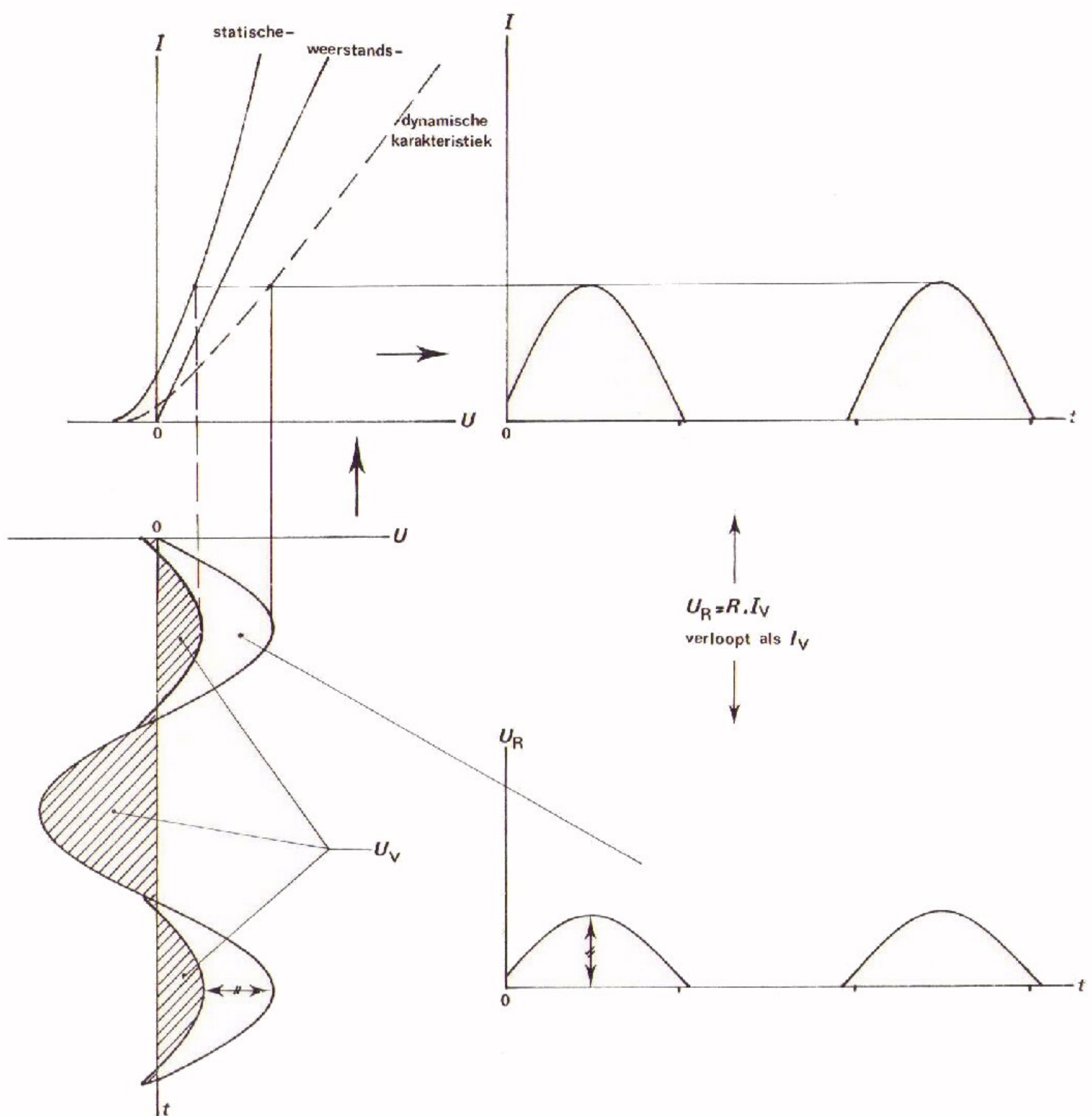
De vacuümdiode vindt een belangrijke toepassing bij *gelijkrichting*. Hierbij wordt een wisselspanning omgezet in een pulserende gelijkspanning.



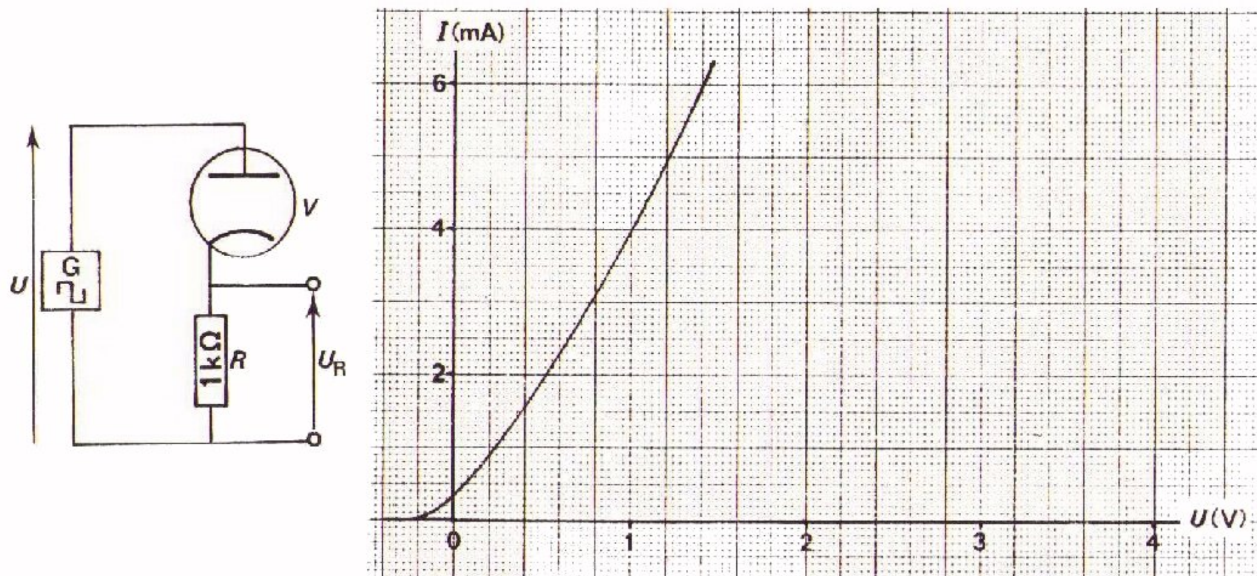
Als we een weerstand R in serie met een diode aansluiten op een wisselspanning, dan komt er over R een pulserende gelijkspanning te staan. De rest van de spanning staat over de diode.



Aan de hand van de dynamische karakteristiek kan men precies zien hoe deze gelijkrichting tot stand komt. Ga de constructie op volgend blad zorgvuldig na.

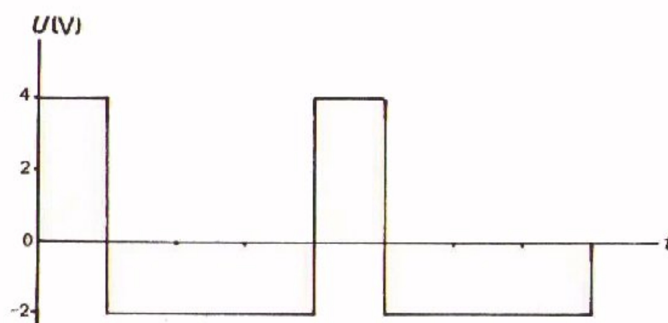

I
statische-
weerstands-
dynamische
karakteristiek
U
0
I
t
0
0
U
$U_R = R . I_V$
verloopt als I_V
U_R
U_V
t
0
t

OEFENING



Van bovenstaande schakeling is R = 1 kΩ, terwijl verder de karakteristiek van de diode is getekend.

Aan R en de diode wordt onderstaande onzuivere wisselspanning toegevoerd.



- Bepaal de topwaarde van de pulserende gelijkspanning die over de R ontstaat:

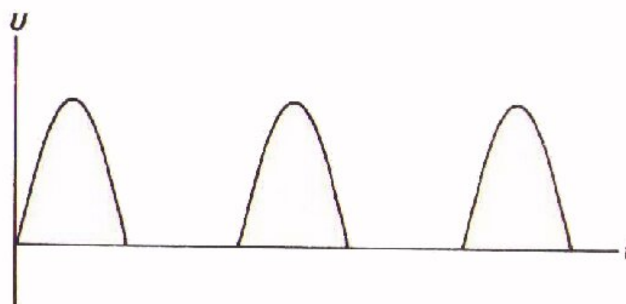
U_{Rtt} =

- Bepaal ook de gemiddelde waarde van deze spanning:

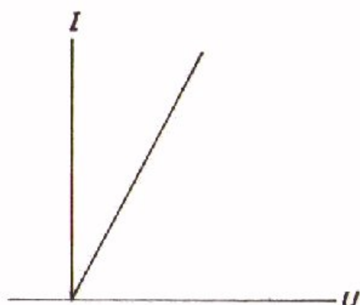
U_{Rgem} =

BETERE GELIJKSPANNING IS GEWENST

Tot nu toe hebben we door middel van gelijkrichting een *pulserende* gelijkspanning verkregen. Deze varieerde daarbij voortdurend sterk in grootte.



Meestal is echter een gelijkspanning gewenst die helemaal niet of nauwelijks in grootte varieert.
Men kan deze niet of bijna niet variërende gelijkspanning verkrijgen door in de gelijkrichtschakeling een *condensator* aan te brengen.
Deze condensator noemt men gewoonlijk de *buffercondensator*.
Hoe dit alles werkt gaan we nu bespreken. Om de uitleg zo eenvoudig mogelijk te houden veronderstellen we daarbij dat de diode een *ideale* karakteristiek heeft.



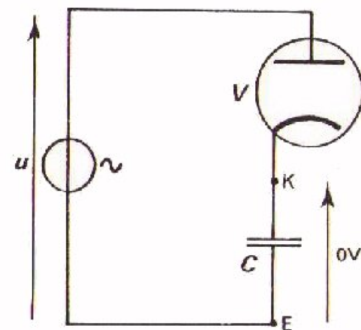
De veronderstelde ideale karakteristiek is recht en begint bij de oorsprong.
Men kan dan eenvoudig steeds aanhouden:
- bij positieve U_V trekt de diode stroom.
- bij negatieve U_V trekt de diode geen stroom.

We beginnen onze uitleg van de gelijkrichtschakeling met buffercondensator met de werking van de schakeling in *onbelaste* toestand.
Daarna volgt de uitleg van de *belaste* toestand.

DE ONBELASTE GELIJKRICHTER MET BUFFERCONDENSATOR

Tot nu toe hebben we besproken wat er gebeurt als we de serieschakeling van een diode en een *weerstand* aansluiten op een wisselspanningsbron. Wat gaat er gebeuren als we de serieschakeling van een diode en een *condensator* aansluiten op een wisselspanningsbron?

Sluiten we een wisselspanning aan op de serieschakeling van diode en condensator en veronderstellen we C_1 voorlopig even ongeladen, dan komt de toegevoerde wisselspanning over de diode te staan.

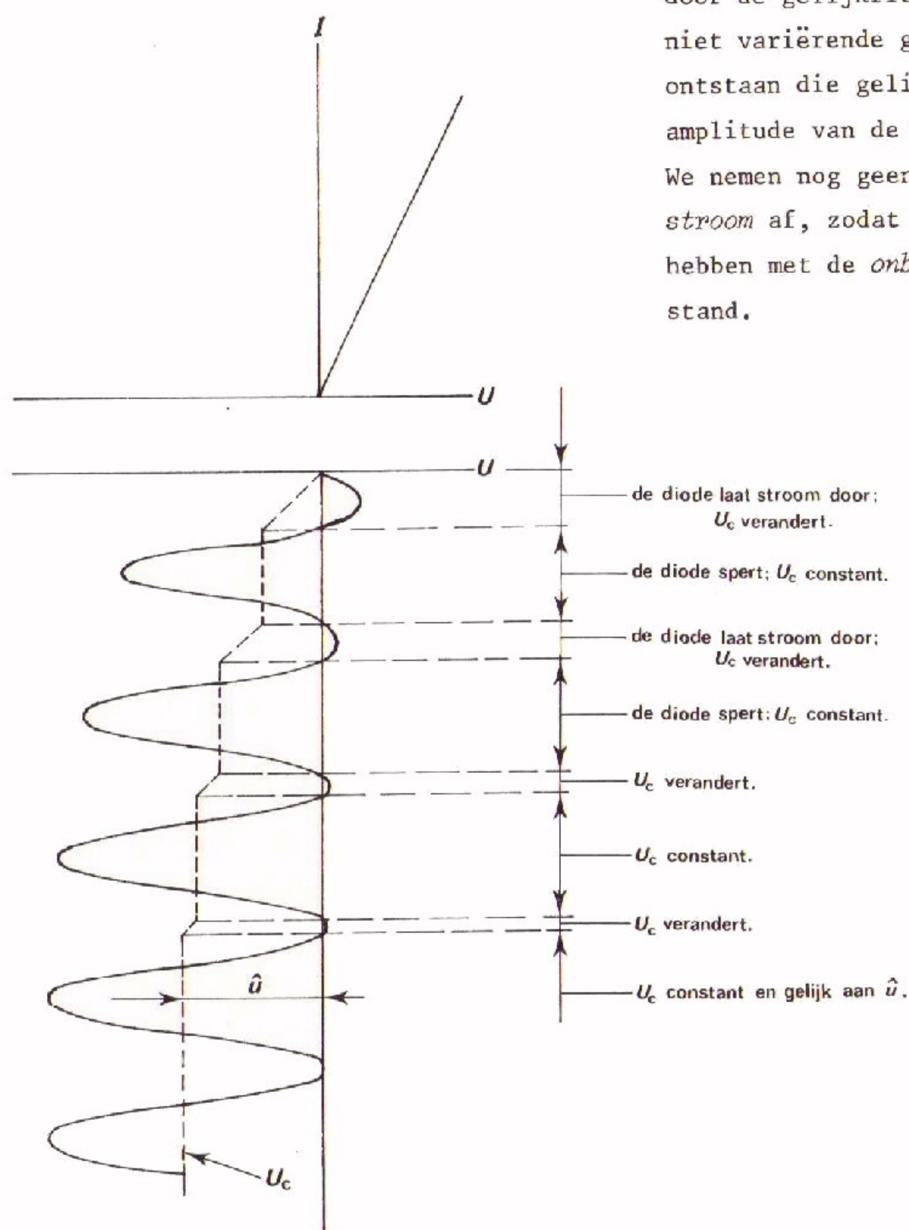


Wordt U_V positief, dan trekt de diode stroom; bij negatieve U_V trekt hij geen stroom.
Telkens als de diode stroom trekt worden er (*negatieve*) elektronen van K weggehaald, waardoor de condensator wordt geladen (K positief ten opzichte van E).

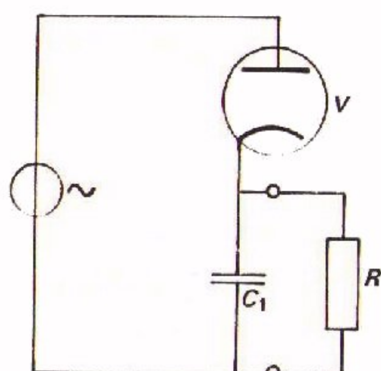
Telkens als de diode géén stroom trekt, gebeurt er niets, zodat de condensator zijn dan verkregen lading behoudt. De diode kan immers geen stroom in sperrichting doorlaten.
In elke positieve periodehelft van de toegevoerde wisselspanning wordt de condensator steeds meer geladen. Over de condensator staat dus een toenemende gelijkspanning.
We zien de spanning die daardoor in totaal tussen anode en katode van de diode wordt aangesloten. Deze spanning is de som van een toenemende gelijkspanning U_c en een wisselspanning u. De vorm van de totaal toegevoerde spanning is zodanig dat de anode steeds kortere tijd positief is ten opzichte van de katode. Na een groot aantal periodes van de toegevoerde wisselspanning is de condensator zover geladen dat de gelijkspanning gelijk is aan de topwaarde van de wisselspanning.

Zo zal de diode door zijn "ventiel"-werking een aantal keren stroom doorgelaten als U_V positief wordt. Dit geschiedt zó lang, tot U_C gelijk is geworden aan U_t, U_V wordt dan namelijk net niet meer positief door de aanwezigheid van U_C.
Dit alles kunt U nagaan in onderstaande grafiek.

Met de stippellijn is het verloop van U_C weergegeven.
Over de condensator is nu door de gelijkrichting een niet variërende gelijkspanning ontstaan die gelijk is aan de amplitude van de wisselspanning.
We nemen nog geen gelijk*stroom* af, zodat we te doen hebben met de *onbelaste* toestand.

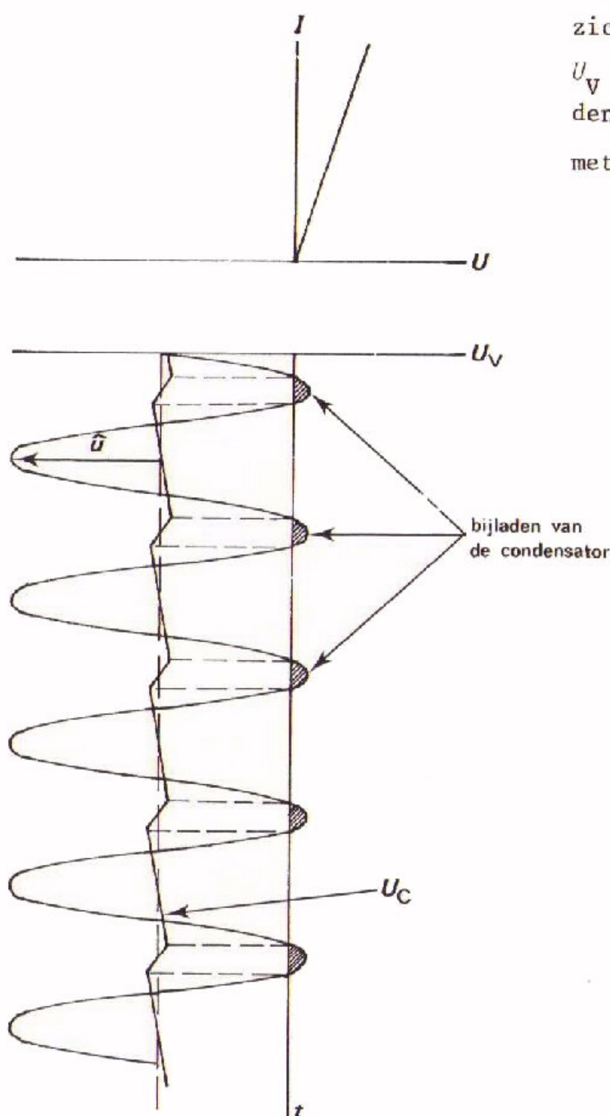


DE BELASTE GELIJKRICHTER MET BUFFERCONDENSATOR



Door over de condensator C_1 een weerstand aan te sluiten wordt er gelijkstroom afgenomen. Dan hebben we de *belaste* toestand verkregen.

Nu behoudt de C_1 de verkregen lading niet helemaal zoals in het onbelaste geval. Telkens als de diode geen stroom trekt heeft C_1 de gelegenheid zich gedeeltelijk te ontladen. Zodra U_V positief is, wordt C_1 weer bijgeladen via de diode. Dit is na te gaan met behulp van naaststaande grafiek.



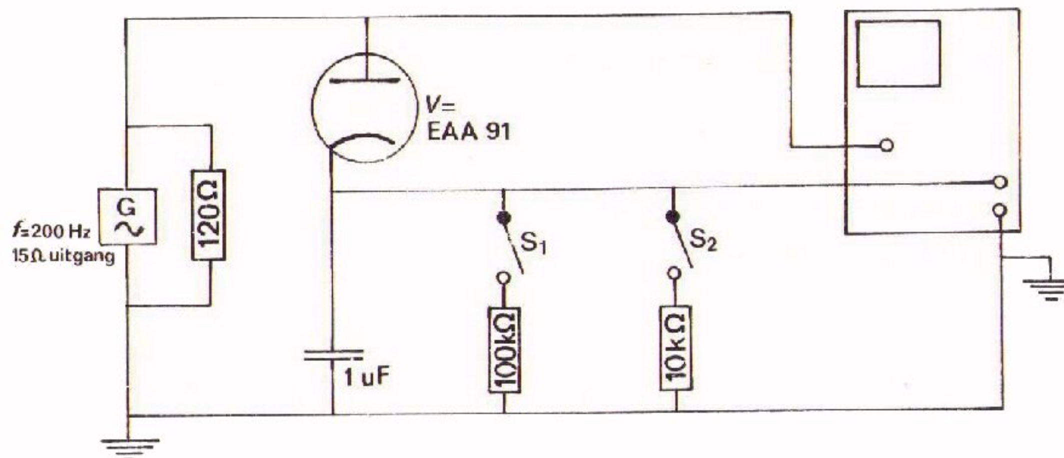
Bij de belaste gelijkrichter verkrijgen we zo een gelijkspanning U_C, die:

- iets varieert; deze kleine variatie duidt men aan als de *rimpelspanning*.
- iets kleiner is dan $\hat{u}$, omdat de wisselspanningstoppen iets over de t-as heen komen.

Tot slot merken we op:
hoe kleiner R is, des te meer stroom nemen we af, en des te sterker wordt de C_1 telkens ontladen.
Des te groter is de rimpelspanning en des te kleiner wordt U_{Cgem} vergeleken met $\hat{u}$.

Dit alles gaan we in de volgende opdracht ervaren.

OPDRACHT: GELIJKRICHTER MET BUFFERCONDENSATOR



- Bouw bovenstaande schakeling met beide schakelaars geopend.

- Zorg ervoor dat bij de stand 0 de horizontale lijn op het scoopscherm 2 divisions onder het midden ligt.

- Stel de scoop verder in op:

  $Y_{AMPL.}$ = 2 V/div.

  Schakelaar van de scoop in stand AC/0/DC

  Trigger de scoop extern.

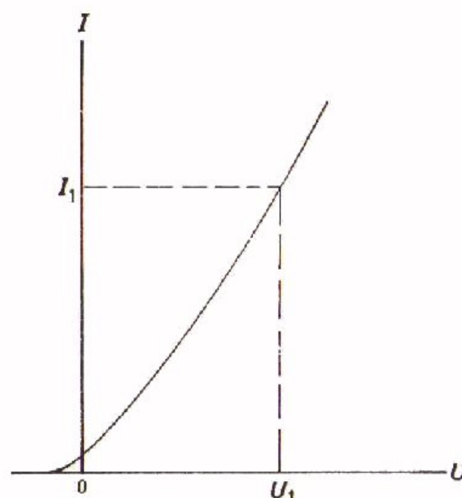
- Voer een wisselspanning toe van 200 Hz bij $\hat{u}$ is maximaal.
  U ziet dat over de buffercondensator een gelijkspanning zonder rimpelspanning komt te staan. Deze is: [V]

- Sluit S_1.
  Door de belasting met R = 100 kΩ daalt de gelijkspanning enigszins, terwijl ook een kleine rimpelspanning aanwezig is. Nu is:

  U_{Cgem} = [V]

- Sluit S_2 bovendien.
  Door de zwaardere belasting daalt de gelijkspanning nog meer, terwijl de rimpelspanning is toegenomen. Nu is:
  U_{Cgem} = [V]

SAMENVATTING



- Het gedrag van een vacuümdiode wordt duidelijk uit zijn karakteristiek.

- Bij een spanning U_1 is de stroom I_1. De inwendige gelijkstroomweerstand.

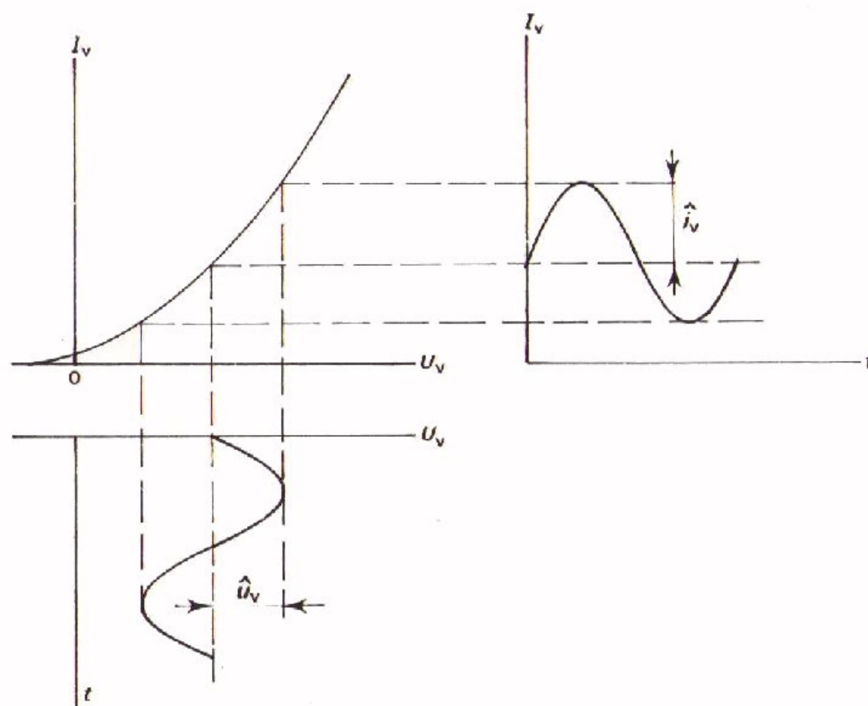
$$R_{i\ gelijk} = \frac{U_1}{I_1}$$

- Ten gevolge van het feit dat de karakteristiek niet-lineair is, hangt R_i af van de instelling.

- De inwendige weerstand voor wisselstroom is gelijk aan de verhouding:

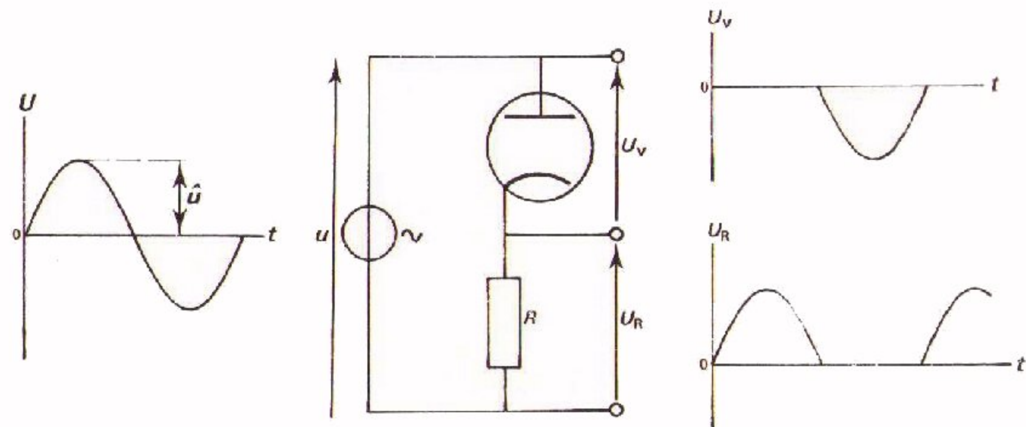
$$\frac{\hat{u}_V}{\hat{\imath}_V} = R_{i\ wissel}$$

Zie onderstaande figuur.



- Meestàl zijn de inwendige wisselstroomweerstand en de inwendige gelijkstroomweerstand niet even groot.

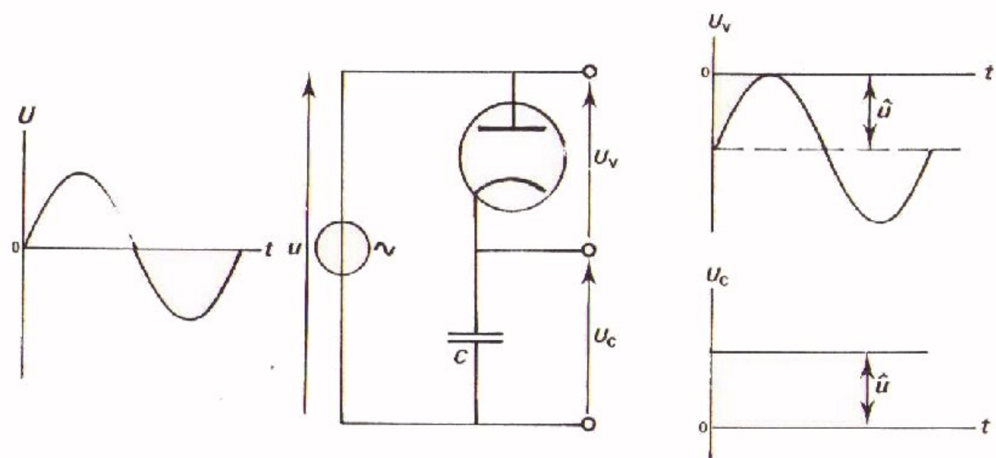
● Met behulp van een vacuümdiode kan men gelijkrichten. Hierbij wordt een wisselspanning omgezet in een pulserende gelijkspanning.



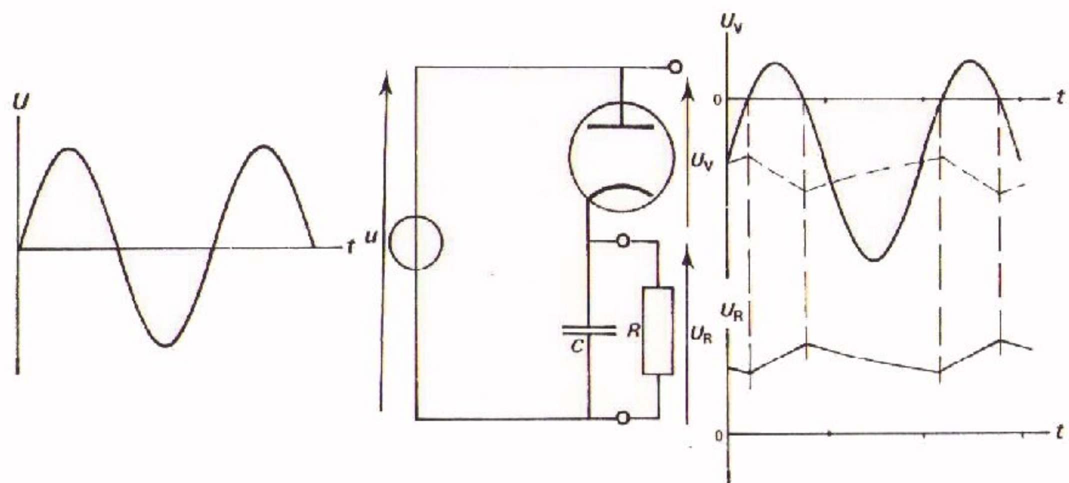
● Een nadeel van bovenstaande gelijkrichting is dat men een pulserende gelijkspanning verkrijgt, die sterk in grootte wisselt.

● Door toepassing van een z.g. *buffercondensator* kan men vrijwel een zuivere gelijkspanning verkrijgen, die gelijk is aan de topwaarde van de toegevoerde wisselspanning.

● *Onbelast* verkrijgt men met een buffercondensator een zuivere gelijkspanning. Zijn grootte is gelijk aan de amplitude $\hat{u}$ van de wisselspanning.



● *Belast* verkrijgt men met buffercondensator een kleinere gelijkspanning, die bovendien een kleinere rimpelspanning heeft.

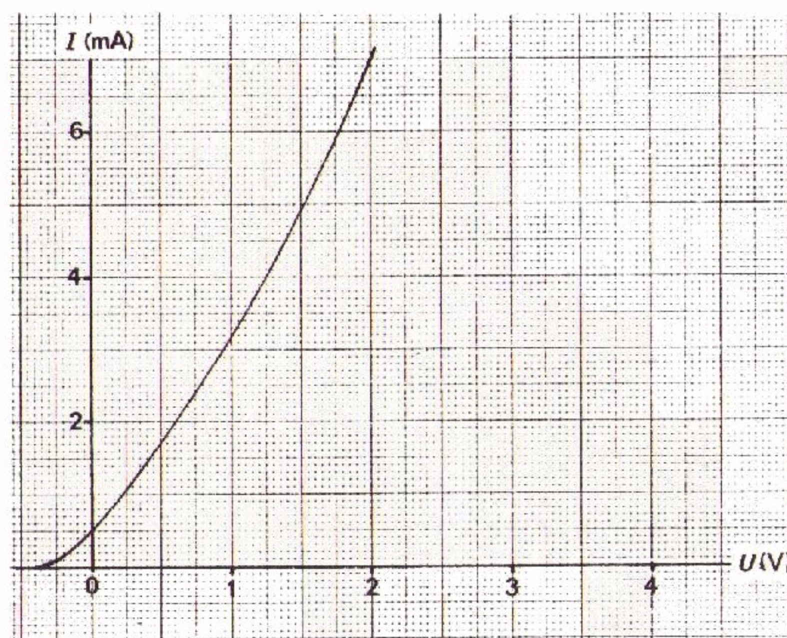


●Hoe groter de belasting is, des te kleiner is de gelijkspanning en des te groter de rimpelspanning.

NAAM:

KLAS:

OEFENING



- Bepaal aan de hand van deze karakteristiek van een vacuümdiode de gelijkstroomweerstand bij 4 mA.

$R_{i\ gelijk}$ =

- Bepaal bij een gelijkstroom I_V = 4 mA de wisselstroomweerstand als U_{Vt} = 0,5 V.

$R_{i\ wissel}$ =

- Deze diode wordt in serie met een weerstand R = 500 Ω aangesloten op een pulserende gelijkspanning. Deze pulserende gelijkspanning heeft een gelijkspanningscomponent U = 2 V en een wisselspanning met een amplitude $\hat{u}$ = 0,5 V.
  Welke weerstand heeft de serieschakeling nu?

R =

B 305

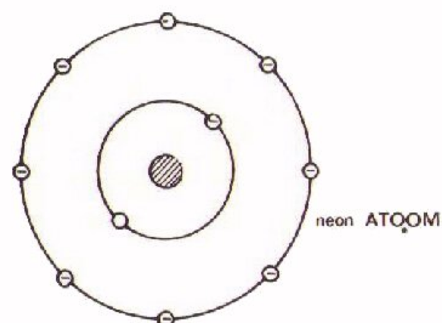
G A S G E V U L D E D I O D E S

GASONTLADING

In het voorafgaande maakten we kennis met vacuümdiodes. Er komen nog andere buisdiodes voor die men *gasgevulde* diodes noemt. Voordat we de eigenschappen van deze diodes gaan bekijken, moeten we eerst ingaan op het verschijnsel *gasontlading* dat in die diodes plaatsvindt.

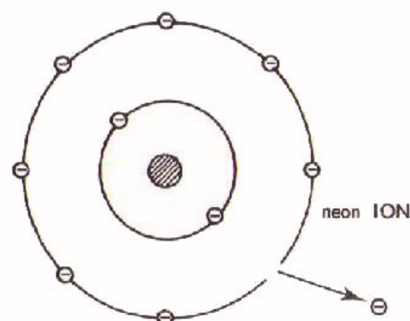
Een gas bestaat uit zeer kleine deeltjes, gasmoleculen. Gasgevulde diodes bevatten vaak zogenaamde *edelgassen*, zoals *neon* en *argon*.
Dit zijn gassen waarvan de moleculen slechts uit één atoom bestaan.
Men noemt deze dan ook éénatomig.

We weten dat een atoom bestaat uit een *kern*, waaromheen zich in schillen *elektronen* bewegen. Als voorbeeld is hiernaast een neon-atoom schematisch afgebeeld.



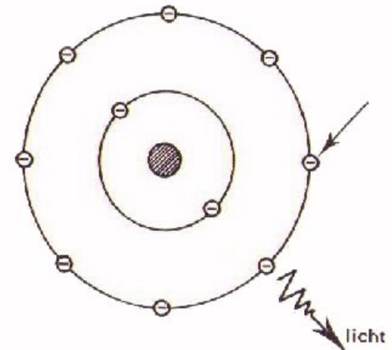
⊖ elektron
kern

Wordt zo'n gasatoom getroffen door een snel bewegend elektron, dan wordt bij de botsing één van de elektronen die rond de kern circelen weggestoten. Er blijft nu een atoom over dat een elektron kwijt is en dat heet een *ion*.
Na verlies van een negatief elektron blijft er een positief neon-ion over.



Een gas waarvan vele atomen een elektron verloren hebben, is *geioniseerd*. Er komen in zo'n gas vele vrije elektronen voor en daardoor is het een goede geleider geworden.

Als een ion weer een langzaam bewegend elektron ontmoet, kunnen zij zich samen wederom tot een gasatoom herenigen. Hierbij doet zich een merkwaardig natuurkundig verschijnsel voor: bij het "invangen" van een elektron wordt *licht* uitgezonden.



Vatten we nog eens kort samen.

- Snelle elektronen ioniseren een gas.
- Daarbij ontstaan vrije elektronen
- Tijdens het invangen van langzame elektronen door een ion wordt licht uitgezonden.

Dit gehele proces noemt men *gasontlading*.

De kleur van het licht dat ontstaat is afhankelijk van het soort gas waarin gasontlading geschiedt.
Bij neon ontstaat rood licht. Denk bijvoorbeeld aan neonreclame of aan het lampje van een spanningszoeker.
Bij gasontlading in kwik ziet men blauwachtig wit licht. Kwiklampen gebruikt men bijvoorbeeld voor voetbalveldverlichting.
Bij natrium behoort rood licht als het gas een lage druk heeft en geel licht bij hoge druk. Dit kan men zien bij de ontsteking van de verlichting bij verkeerswegen. Vlak na ontsteking stralen zij zwak rood en na enige tijd fel geel licht uit.

HET SYMBOOL

Hier vindt U het schema-symbool voor een gasgevulde diode met zogenaamde koude kathode.
Bij de meeste gasgevulde diodes wordt de kathode niet door een gloeidraad verhit.
De zwarte stip binnen de ballon duidt erop dat de diode met gas is gevuld.



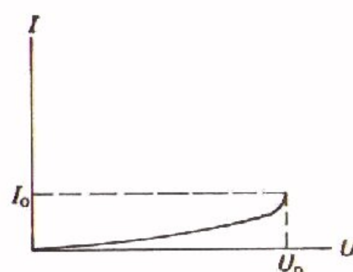
DE KARAKTERISTIEK VAN EEN GASGEVULDE DIODE

In de loop van de tijd zijn er vele typen buisdiodes ontwikkeld, die met een gas zijn gevuld. Een van de redenen is dat het verschijnsel van de gasontlading deze diodes een bijzondere stroom-spanningskarakteristiek geeft.

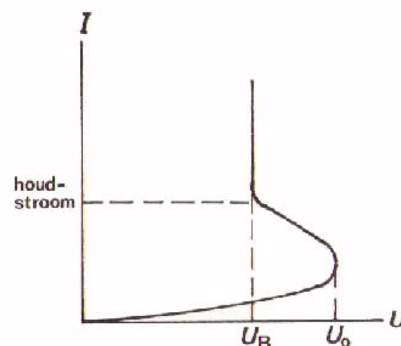
Hiernaast ziet U het eigenaardige verloop van zo'n karakteristiek.
Hoe komt dit tot stand?



Zetten we op de anode van een met gas gevulde diode een kleine positieve spanning, dan worden een gering aantal elektronen vanuit de kathode aangetrokken. Er loopt een klein stroompje.
Maken we de spanning op de anode groter, dan neemt de stroom langzaam toe.
Bij een bepaalde spanning U_0 treedt er plotseling gasontlading op. Bij deze spanning is de snelheid waarmee de elektronen naar de anode worden "gezogen" zo groot geworden, dat vele elektronen onderweg met zoveel geweld tegen gasatomen aanbotsen dat zij deze ioniseren. Een deel van deze ionen voegen zich direct daarna weer samen met elektronen en daarbij ontstaan lichtverschijnselen. De buis wordt ontstoken en daarom noemt men de spanning U_0 de *ontsteekspanning*. Als de buis eenmaal ontstoken is, blijkt er minder spanning nodig te zijn om de stroom door de buis op gang te houden.



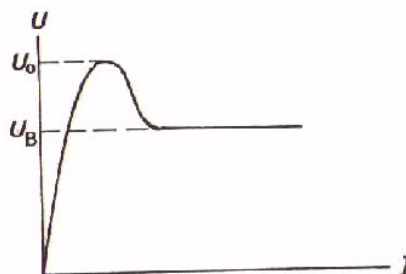
De diode blijft branden op de zogenaamde *brandspanning* U_B die lager ligt dan de ontsteekspanning. Is de buis ontstoken, dan is het een geheel ander ding geworden. Bij het ioniseren ontstaan er zeer veel vrije elektronen. Dit betekent dat de buis een betrekkelijk goede geleider wordt. Of anders gezegd: de inwendige weerstand van de buis is betrekkelijk klein geworden. Zorgen we dat de stroom kleiner wordt dan de z.g. *houdstroom*, dan dooft hij.



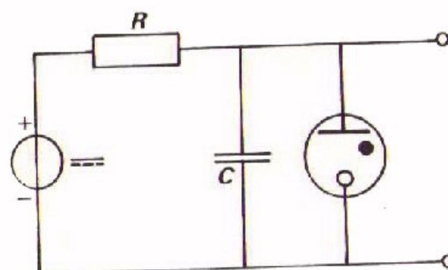
EEN TOEPASSING VAN EEN GASGEVULDE DIODE

We hebben gezien dat een gasgevulde diode bij een bepaalde spanning ontsteekt en daarna op een lagere spanning blijft branden. De brandspanning U_B is lager dan de ontsteekspanning U_0.
Bovendien is bij het ontsteken de stroom klein, terwijl de stroom van de eenmaal ontstoken buis groter is.

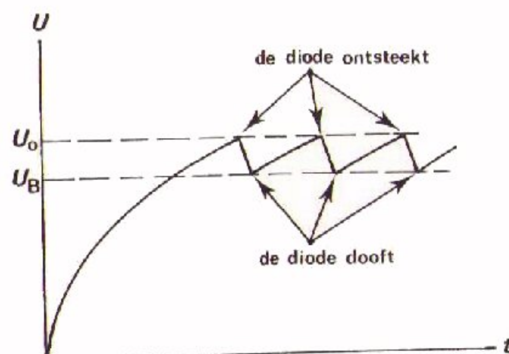
Hiernaast is de karakteristiek van een gasgevulde diode nog eens weergegeven, maar nu een kwart slag gedraaid.



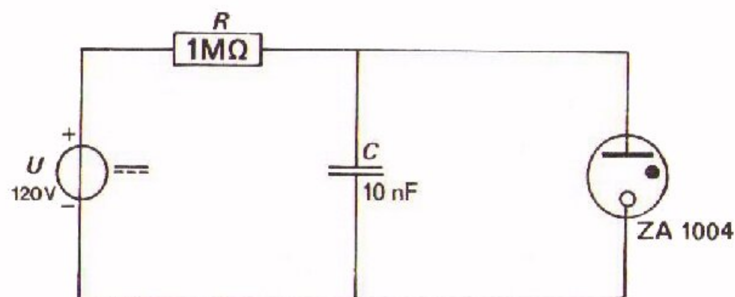
Van het gedrag van een gasgevulde diode kunnen we in de volgende schakeling gebruik maken.

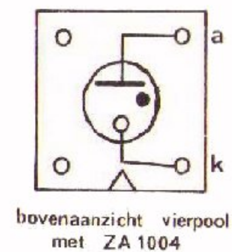


Via de weerstand *R* wordt de condensator *C* geladen. Als na enige tijd de spanning over de condensator gelijk geworden is aan U_0 van de diode, dan ontsteekt de diode. De weerstand van de diode wordt nu zo klein dat de condensator zich via de diode snel gedeeltelijk gaat ontladen, totdat de condensatorspanning net beneden de waarde van de brandspanning komt.
Is de condensator zóver ontladen, dan kan de stroom door *R* de diode niet brandend houden, zodat hij dooft.
De condensator wordt weer opgeladen en het proces begint opnieuw.
De spanning over de condensator van deze eenvoudige *zaagtandgenerator* heeft nevenstaand verloop.



OPDRACHT: "ZAAGTANDGENERATOR MET GASGEVULDE DIODE"





bovenaanzicht vierpool met ZA 1004

- Bouw deze schakeling op het paneel.

- Bekijk met behulp van een scoop het verloop van de spanning over de diode. Houd de scoop in de AC-stand.

- Schets hieronder het verloop zonder gelijkspanningscomponent.



- Hoe groot is de frequentie van de zaagtandspanning?

f = [Hz]

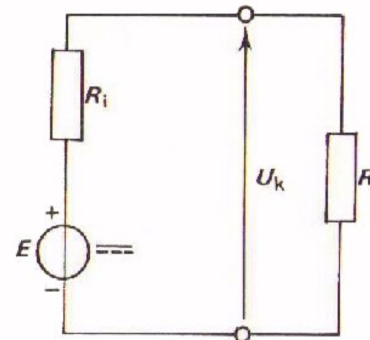
- Hoe groot is de top tot top-waarde van deze spanning?

U_{tt} = [V]

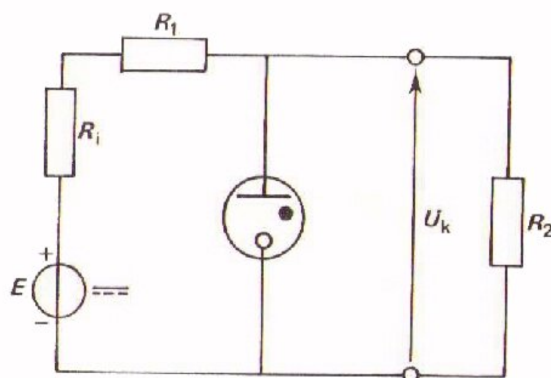
Het komt nogal eens voor dat een gelijkspanning aan ongewenste veranderingen onderhevig is. Neem bijvoorbeeld de klemspanning U_k van een spanningsbron met inwendige weerstand R_i. Deze is gelijk aan:

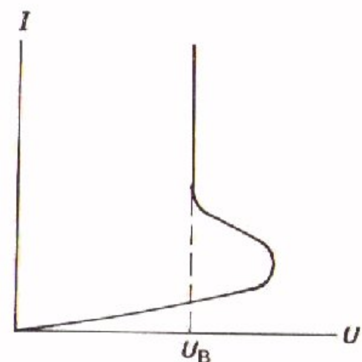
$$U_k = \frac{R}{R_i + R} E$$

waarin R de belasting-weerstand is die op de spanningsbron is aangebracht.
Als E nu enigszins verandert, dan verandert U_k ook. Hetzelfde gebeurt als R verandert.



Met behulp van een gasgevulde diode kan men de klemspanning nagenoeg constant houden of *stabiliseren*.

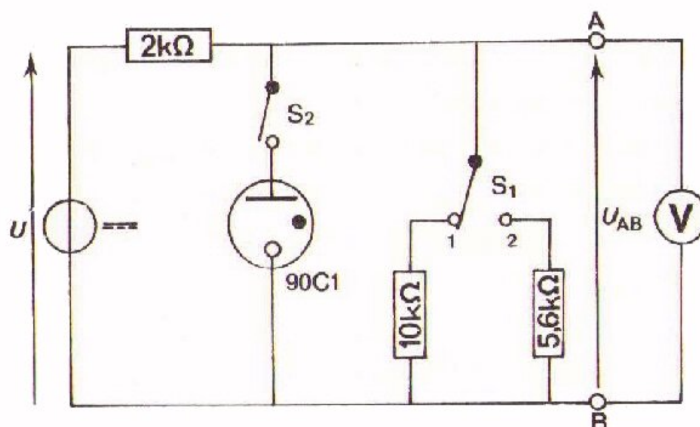




Dit is te danken aan de karakteristiek van zo'n diode.
Verandert R_2 dan verandert de stroom door R_2, maar de spanning over de diode blijft vrijwel constant en gelijk aan de brandspanning U_B.

Een stabilisatiediode is bijvoorbeeld de 90C1.
Deze heeft een ontsteekspanning van 115 V en een brandspanning van 90 V.
Bij een stroomvariatie van 1 tot 40 mA varieert de spanning slechts 12 V.

OPDRACHT: STABILISEREN VAN SPANNING DOOR MIDDEL VAN EEN DIODE



- Bouw deze schakeling. De aansluiting van de 90C1 is als van de ZA 1004.

- Laat S_2 open; sluit S_1 in stand 1.

- Varieer de spanning U van 120 V en 150 V.
  U_{AB} blijkt nu te variëren tussen:

V	en	V

- Sluit S_2 en controleer of de diode ontsteekt.
  Varieer U opnieuw van 120 V tot 150 V.
  U_{AB} blijkt nu te variëren tussen:

V	en	V

Het is duidelijk dat van de diode een stabiliserende werking uitgaat.

- Houdt S_2 gesloten en schakel met S_1 beurtelings 10 kΩ en de 5,6 kΩ weerstand in.
  Constateer dat, hoewel de belasting aan sterke verandering onderhevig is, de spanning U_{AB} duidelijk gestabiliseerd is.

REFEREREN

U hebt gezien dat bij een stroomvariatie van 1 tot 40 mA de spanning over de 90C1 stabilisatiebuis nog 12 V varieert.
Het gebeurt in de elektronica nog al eens dat men deze variatie te groot vindt. Er zijn speciale stabilisatieschakelingen ontworpen die een constantere uitgangsspanning hebben.
Deze schakelingen werken zo, dat ze de uitgangsspanning vergelijken met een constante spanning, een zogenaamde *referentie*-spanning en zonodig bijsturen. Voor het leveren van zo'n referentiespanning zijn *referentie*-buizen ontwikkeld.
Een referentiebuis is een bijzonder soort gasgevulde stabilisatiediode.
De spanning over zo'n referentiebuis is namelijk zeer constant, maar alleen dan als de stroom maar weinig varieert.

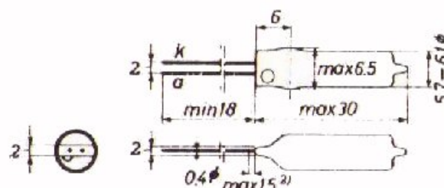
Op de nauwkeurige werking van zo'n stabilisatieschakeling komen we nog terug in het C-deel van de cursus. We willen hier volstaan met het geven van de eigenschappen van een referentie-diode.

Gegevens van een referentie-diode:

U_0 = 115 V

U_B = 81 B

I = 3,2 mA

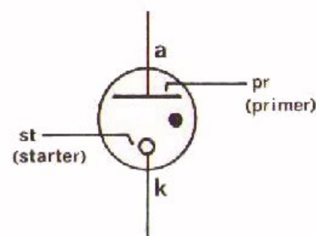


ZZ1000

SCHAKELEN MET GASGEVULDE DIODES

Gasgevulde diodes worden ook als schakelaar gebruikt. Behalve de anode en de kathode is dan nog een derde electrode aangebracht, de *starter*. Op de starter wordt even een positieve spanning aangebracht die er voor zorgt dat er gasontlading optreedt. De buis ontsteekt dan.
In voedingsapparaten van lasapparaten treft men dergelijke diodes aan, waarmee grote vermogens in- en uitgeschakeld worden.
Deze buizen heten *ignitrons*. We gaan niet verder op deze buizen in, omdat zij nog maar een klein toepassingsgebied hebben en bovendien steeds meer door halfgeleiderdiodes of door thyristors worden vervangen.

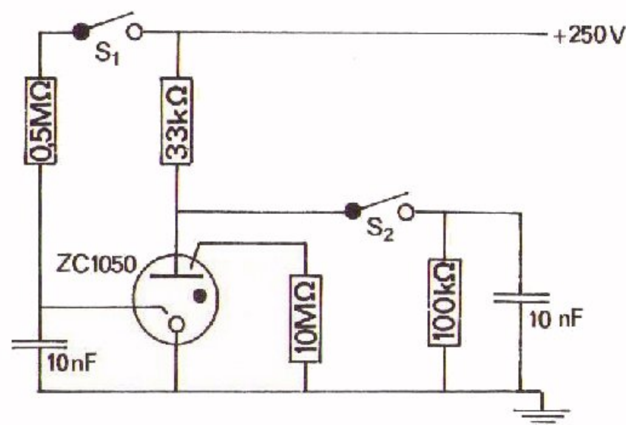
Een andere, veel gebruikte, gasgevulde diode is de *trekkerbuis* (in het engels: "trigger tube"). Door op de starter even een positieve spanning aan te brengen gaat de buis geleiden. Hij is dan een gesloten schakelaar. De buis dooft weer door even een negatieve spanning op de anode aan te brengen. De anodespanning daalt beneden de brandspanning en de buis is dan een geopende schakelaar.

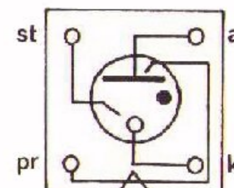


In dit soort diodes bevindt zich ook nog een *primer*, (spreek uit: "praimer"). Deze is aangebracht om er voor te zorgen dat er altijd wat vrije elektronen in de buis aanwezig zijn. Dit geeft grotere zekerheid dat de buis bij de gewenste ontsteekspanning ook werkelijk ontsteekt. De primer wordt via een grote weerstand met de kathode verbonden.

Met een dergelijke trekkerbuis gaan we een opdracht uitvoeren.

OPDRACHT: "METING AAN EEN ZC 1050"





- Bouw deze schakeling



WEES VOORZICHTIG
ER WORDT EEN HOGE SPANNING GEBRUIKT;

- Laat de beide schakelaars open.
  Meet de anode spanning: U_a = [ ]

- Door S_1 even te sluiten kan men een positieve spanning op de starter aanbrengen.
  Sluit S_1 even en controleer of de diode ontsteekt.
  Meet opnieuw de anodespanning, nu dus de brandspanning.

  U_B = [ ]

- Om de diode te doven moeten we even de anodespanning tot 0 V laten dalen. We doen dit door met S_2 een kortstondige kortsluiting aan te brengen tussen anode en aarde via een condensator.
  Sluit S_2 en controleer of de diode dooft.

  Opmerking: De weerstand van 100 kΩ over de condensator is nodig om de condensator te ontladen als S_2 weer geopend wordt.

INDICATIE

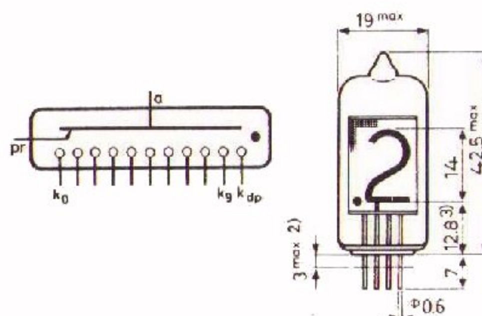
Als de spanning over een gasgevulde diode groot genoeg wordt, ontsteekt hij. We hebben gezien dat hij dan licht uit gaat stralen. De diode geeft dan aan: "Er staat spanning op mij, minstens gelijk aan de ontsteekspanning". Men spreekt hier van *indicatie* (= aanwijzen).

Een veel gebruikte toepassing van een indicatiediode vindt men in een spanningszoeker. Hierin bevindt zich een met neon gevulde diode die oplicht bij een spanning van tenminste 90 V. Bij hogere spanningen valt een gedeelte van de spanning over een serieweerstand van 100 kΩ of meer.
De stroom door de diode is zeer klein; circa 1 mA. Dergelijke neondiodes hebben de eigenschap dat zij zowel op gelijk- als op wisselspanning reageren.

Ook de indicatielampjes op de meeste meetinstrumenten zijn neondiodes.
Zij hebben weinig energie nodig en produceren dus geen hinderlijke warmtehoeveelheden.
Bovendien is hun levensduur aanzienlijk langer dan van gloeilampjes.

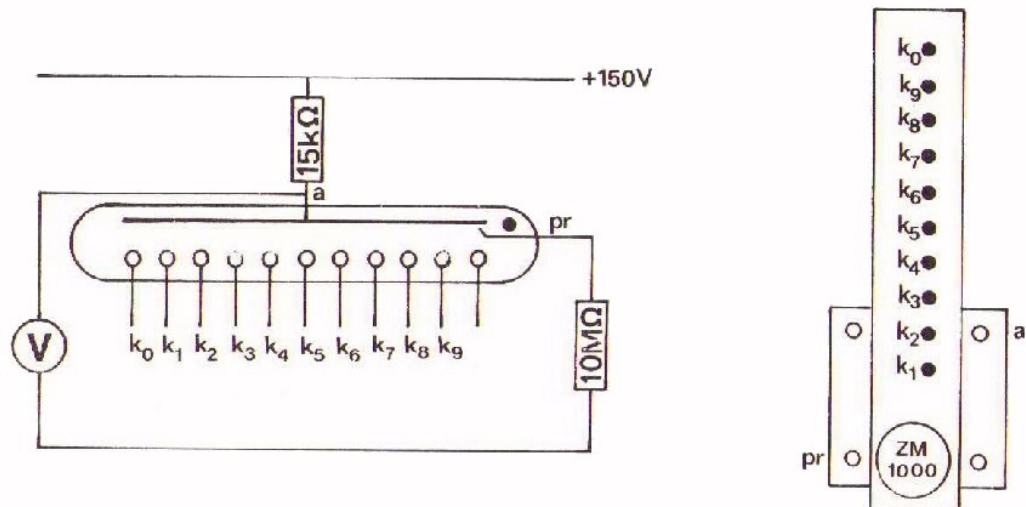
Andere indicatordiodes zijn de veel voorkomende letter- en cijferindicatorbuizen. Meestal bestaan deze buizen uit een aantal diodes met gemeenschappelijke diode in één glazen ballon. De afzonderlijke kathodes hebben bijvoorbeeld de vorm van verschillende cijfers. Wordt aan een van deze kathodes een spanning toegevoerd, dan treedt gasontlading op in de buurt van deze kathode. Deze kathode licht dan duidelijk zichtbaar op. In vele meetinstrumenten past men deze indicatiebuizen toe. Zij zijn tegenwoordig al heel gewoon bij de weegschaal van de slager.

Voorbeeld van een uitvoeringsvorm.



OPDRACHT: "WERKING VAN EEN INDICATIEDIODE"

U hebt een vierpooltje gekregen waarop een ZM 1000 is gemonteerd. De ZM 1000 is èen cijferindicatiediode.



- Bouw deze schakeling.

- Verbind achtereenvolgens telkens een kathode met de - van de spanningsbron en kijk wat er gebeurt.

CODERING

De codering van gasgevulde diodes is in de loop der jaren enige malen veranderd. Het gevolg is dat er weining systeem in lijkt te zitten.

Tegenwoordig beginnen de coderingen van de diodes met koude kathode alle met de hoofdletter Z.
De tweede letter verwijst naar de toepassing van de diode.
De daarna volgende cijfers hebben geen bijzondere betekenis.

Voorbeelden:

ZA 1002

koude kathode — bestemd voor schakelen van kleine spanningen

ZC 1060

koude kathode — bestemd voor schakelen van grote stromen

ZM 1081

koude kathode — indicatorbuis

Bij oudere types zoals de 85A2 en de 90C1 geeft het eerste getal de brandspanning in volts aan.
A betekent dat de buis bestemd is voor referentie.
C betekent dat hij gebruikt wordt voor stabilisatie.

De meeste gasgevulde diodes zijn uitgevoerd met pennen. De aansluitingen zoekt men op in een buizenboek.
Er zijn er ook die van draadjes voorzien zijn. In dit geval wordt de anode aangeduid door middel van een glazen puntje of rode stip op de buis.

SAMENVATTING

- Naast vacuümdiodes zijn ook gasgevulde diodes in gebruik

- Bij voldoende hoge spanning ontsteken dergelijke diodes. Er treedt gasontlading op. Direct daarna blijven deze diodes branden op een lagere spanning, de brandspanning.

- Het symbool voor een gasgevulde diode is. De "stip" geeft aan dat de buis met gas is gevuld.

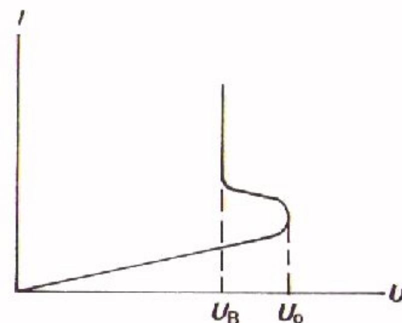


- Een gasgevulde diode heeft als regel een koude kathode; er is geen gloeidraad aanwezig.

- Een gasgevulde diode heeft een karakteristiek van volgende gedaante.

  U_O is de ontsteekspanning

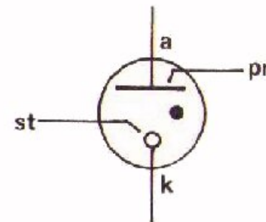
  U_B is de brandspanning



- Uit de karakteristiek volgt dat bij de brandspanning U_B grote variatie in de stroom op kan treden zonder dat U_B daarbij veel verandert. Dit betekent dat men met behulp van zo'n diode de spanning kan stabiliseren.

- Nog fijnere stabilisatie is mogelijk door middel van speciale schakelingen, waarbij men een referentiebuis gebruikt. Ook dit is een gasgevulde diode. Hij heeft bij een constante kleine stroom een zéér constante brandspanning, de referentiespanning.

- Gasgevulde diodes worden ook als schakelaar gebruikt. De buis wordt ontstoken door even een spanning toe te voeren aan de starter. Hij dooft weer door de anode even aan de kathode te leggen. In dergelijke buizen is vaak nog een primer aanwezig die er voor zorgt dat de buis bij een bepaalde, steeds dezelfde spanning ontsteekt.



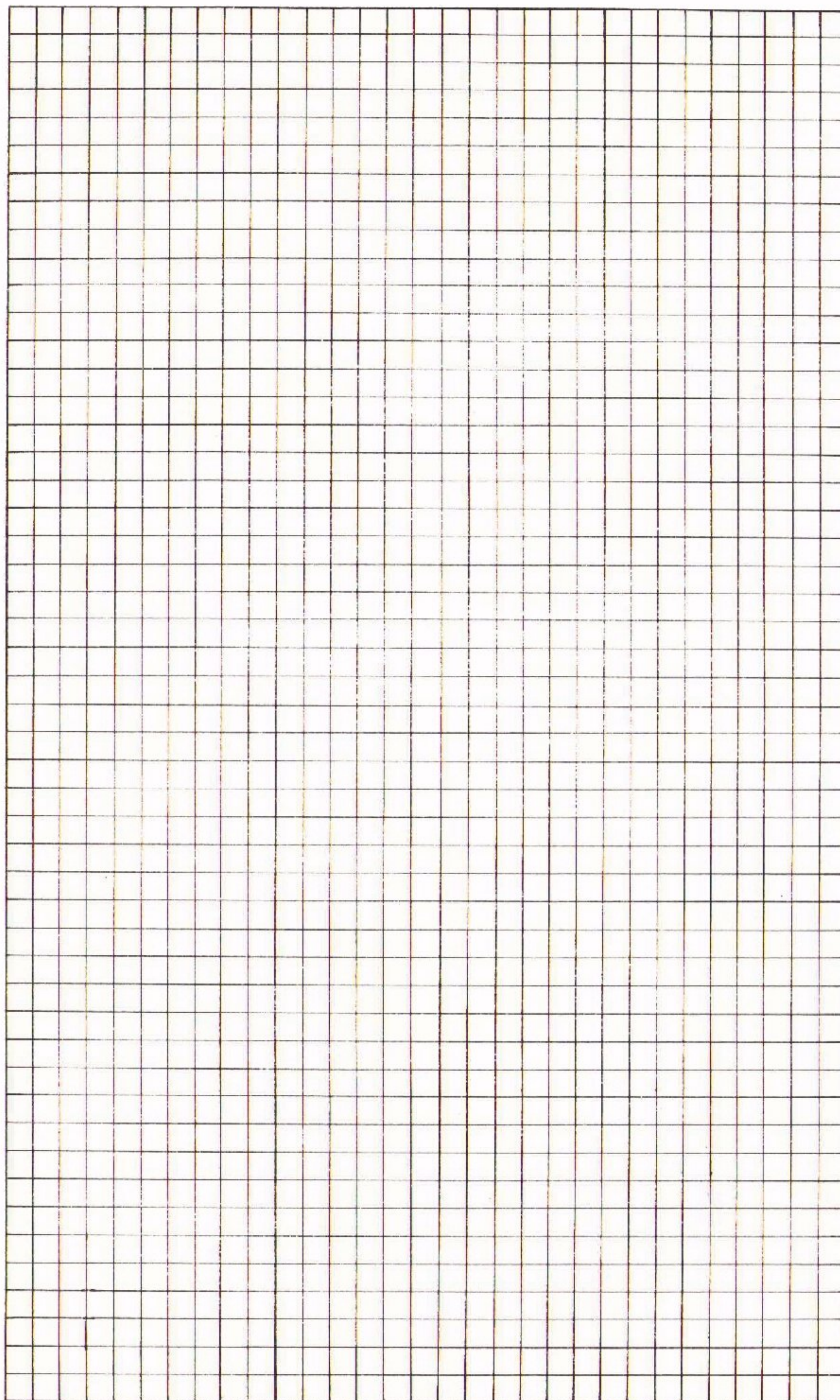
- Tenslotte vinden gasgevulde diodes nog ruime toepassing voor indicatiedoeleinden, waarbij men gebruik maakt van het oplichten van de buis door de gasontlading. Voorbeelden hiervan zijn de zogenaamde neonbuisjes die men op veel meetapparatuur en in een spanningzoeker vindt.

- De codering van gasgevulde diodes is nogal verward. Tegenwoordig begint de codering met twee hoofdletters. De eerste is meestal Z. Dit duidt op een koude kathode. De tweede letter duidt op toepassing van de buis.

  A betekent dat hij bestemd is voor het schakelen van kleine spanningen.

  C betekent dat hij dient voor het schakelen van grote stromen.

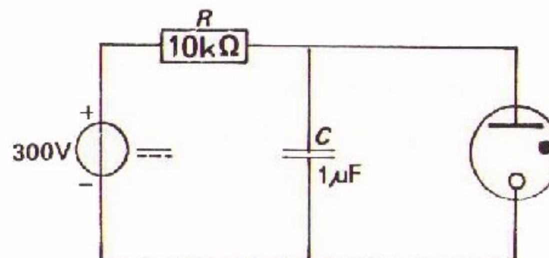
  M betekent indicatorbuis.



NAAM:

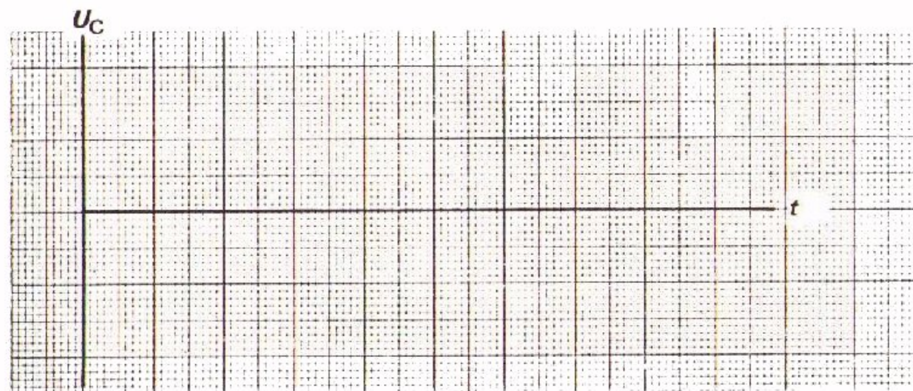
KLAS:

OEFENING:



De brandspanning van de in deze schakeling gebruikte diode is 90 V. Zijn ontsteekspanning is 110 V.

- Schets de wisselspanningscomponent die over de condensator staat.



- Hoe groot is de top tot top waarde van de wisselspanning over C?

U_{Ctt} =

- Hoeveel spanning staat er gemiddeld over R = 10 kΩ?

U_{Rgem} =

- Hoeveel stroom loopt er gemiddeld door R = 10 kΩ?

I_{Rgem} =

De lading die van de condensator wegstroomt door de diode moet via R weer worden aangevuld gedurende de tijd dat de diode niet ontstoken is.

- Bereken met $Q = I_{gem} \cdot t$ en $Q = U \cdot C$ de tijd die nodig is om de condensator weer bij te laden.

t =

- Neem aan dat de lading 10 x sneller van de condensator wordt afgevoerd dan ze wordt aangeleverd.
  Hoe lang duurt één periode van deze wisselspanning?

T =

- Wat is dus de frequentie van deze wisselspanning?

f =

B 306

H E R H A L I N G

In deze les gaan we alles wat we van vacuüm- en gasgevulde diodes hebben geleerd, herhalen.

- Werk deze les zorgvuldig door.

- Als U iets nog niet duidelijk is, vraag het dan aan Uw leraar.

De opgaven in deze les helpen U eventuele hiaten in Uw kennis te ontdekken.
Tevens geven ze een indruk van het soort vragen dat U in de volgende test kunt verwachten.

DE VACCUMDIODE

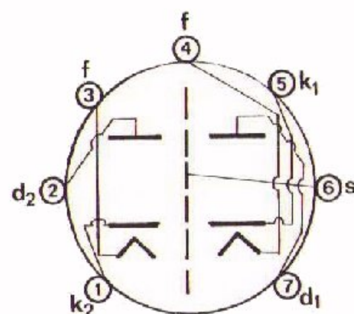
Bij een vacuümdiode bevinden zich binnen in een luchtledige glazen ballon twee elektroden: de anode en de kathode.
De kathode wordt door middel van een gloeidraad verhit.
Hiernaast is het symbool van een vacuümdiode gegeven.



De gloeidraad wordt in de praktijk gemakshalve vaak niet getekend.

Er komen ook vacuümdiodes voor waarbij kathode en gloeidraad zijn doorverbonden.
Soms vormt de gloeidraad zelf de kathode.

De anode, kathode en gloeidraad zijn aangesloten op de pennen die zich onderaan de buis bevinden. De fabrikant geeft bij elke buis op hoe deze aansluitingen zijn aangebracht. Dit gebeurt altijd door het onderaanzicht van de buis te geven.



Hiernaast een voorbeeld van het onderaanzicht van een buis met 7 pennen, met een zogenaamde *miniatuurvoet*. Het is de in deze lessen besproken en behandelde EAA 91.

WERKING VAN DE DIODE

Op de kathode van een vacuümdiode bevindt zich bariumoxyde. Bij verhitting worden hieruit grote aantallen elektronen vrijgemaakt, die in de ruimte tussen kathode en anode terecht komen. Een klein deel van deze elektronen komt op de anode terecht.
Voeren we een positieve spanning toe aan de anode, dan worden de negatieve elektronen sterk door de anode aangetrokken. Er gaat dan een elektrische stroom door de diode lopen van anode naar kathode. Voeren we een anodespanning toe die (voldoende) negatief is, dan worden alle elektronen door de anode afgestoten en loopt er geen stroom door de diode.

DE DIODEKARAKTERISTIEK

Uit de karakteristiek van de diode blijkt hoe groot de stroom is die bij een bepaalde spanning door de diode loopt. Hieronder ziet U zo'n karakteristiek.



Enige bijzondere punten zijn:

$I_d = 0$ bij $U_V \simeq 0,5$ V.

Er loopt al enige stroom bij $U_V = 0V$. Bij grote stromen is de karakteristiek nagenoeg recht.

BEPALING VAN DE INSTELLING

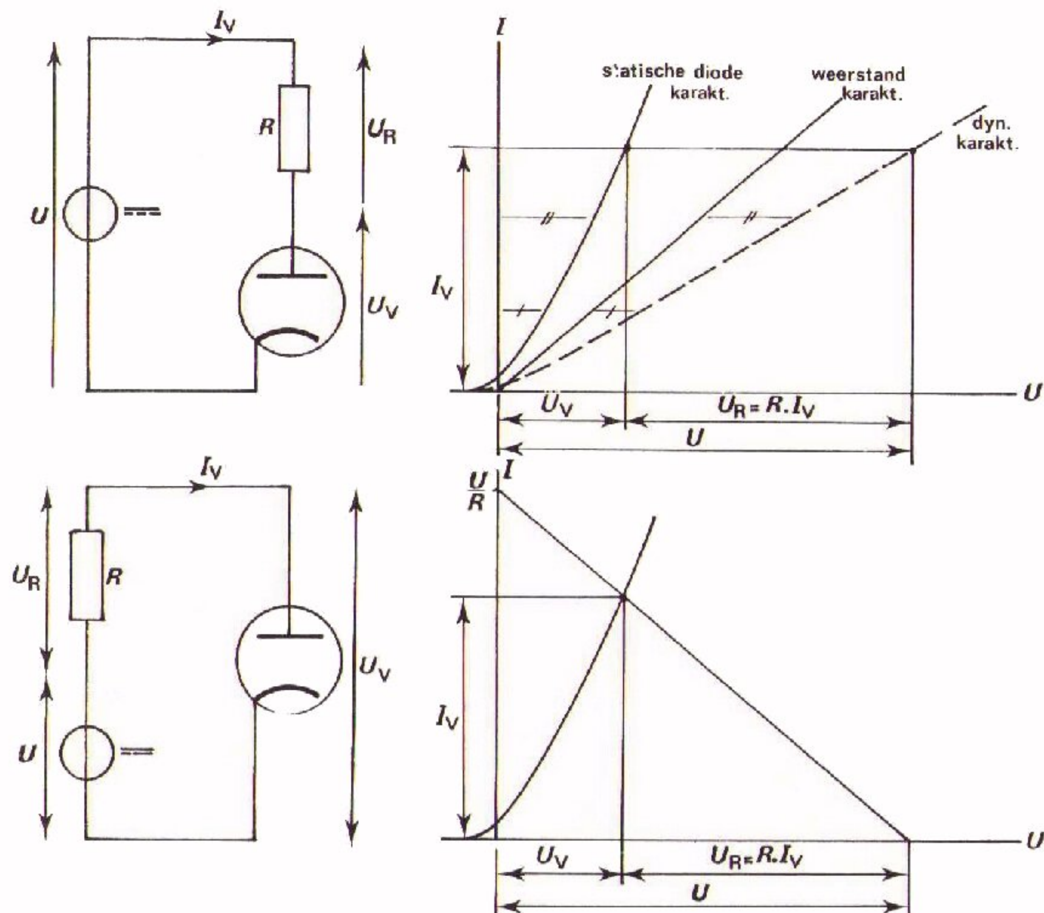
Er zijn twee manieren om de instelstroom van de diode in serie met een weerstand te bepalen.

Door middel van de:

- dynamische karakteristiek
- belastinglijn

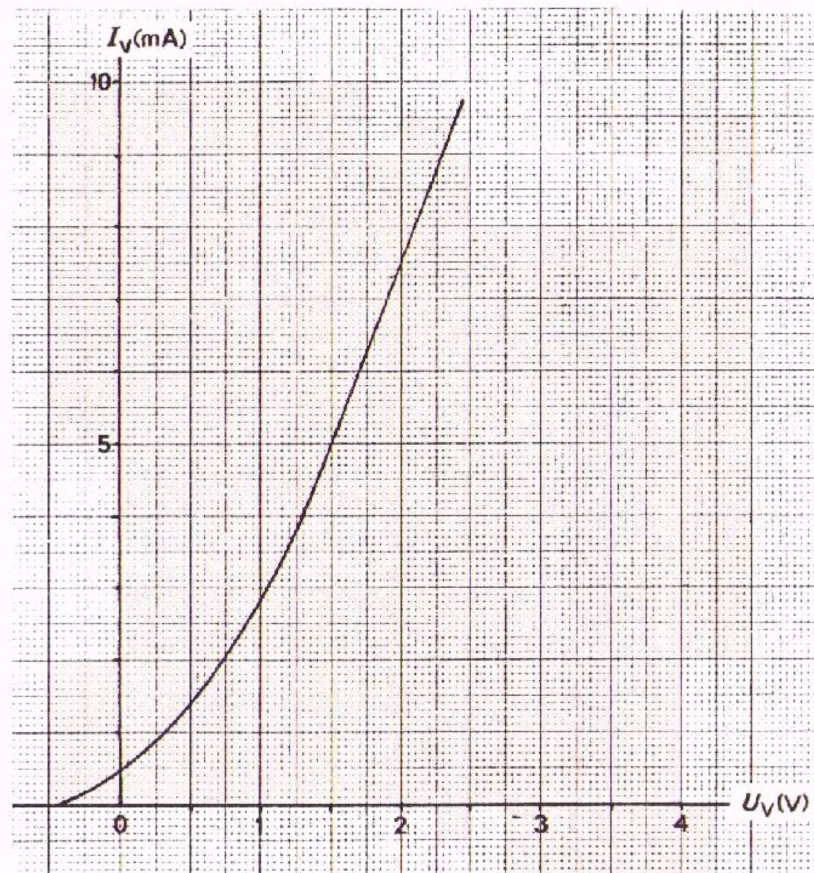
We hebben dit in voorafgaande lessen uitvoerig behandeld.

Hieronder geven we beide methoden nog eens schematisch weer.



OEFENINGEN

1.

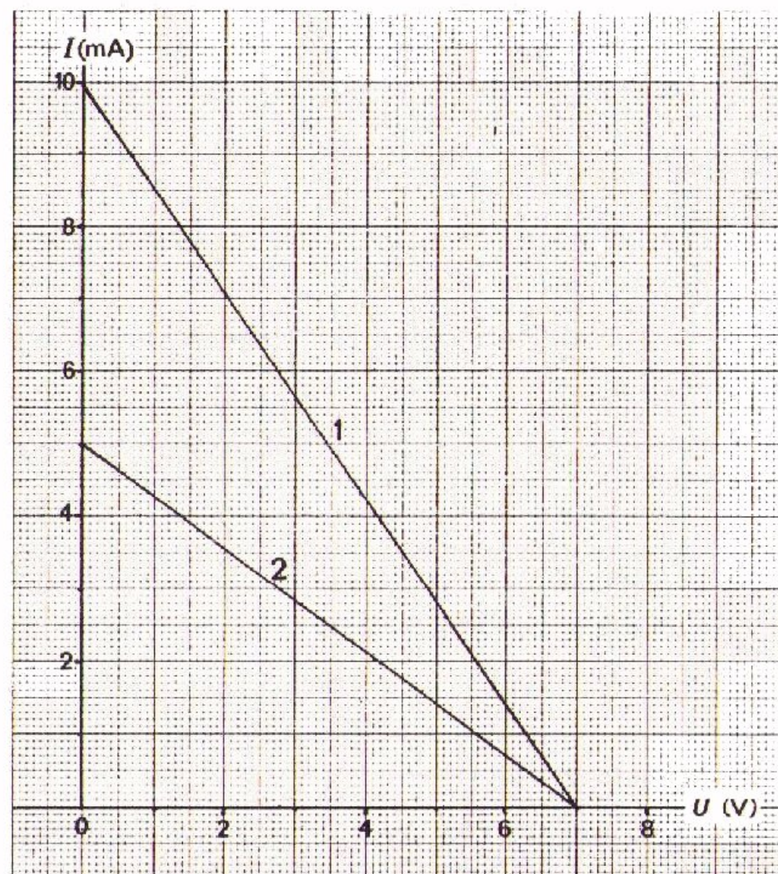


Een vacuümdiode met bovenstaande karakteristiek is in serie geschakeld met een weerstand van 200 Ω. Teken in bovenstaande figuur de karakteristiek van de serieschakeling.

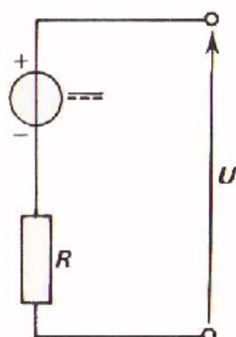
Hoe groot is de stroom door deze serieschakeling bij een totale spanning van 3 V?

I_V = [mA]

2.



Hier zijn twee belastinglijnen getekend die bij onderstaande schakeling horen.



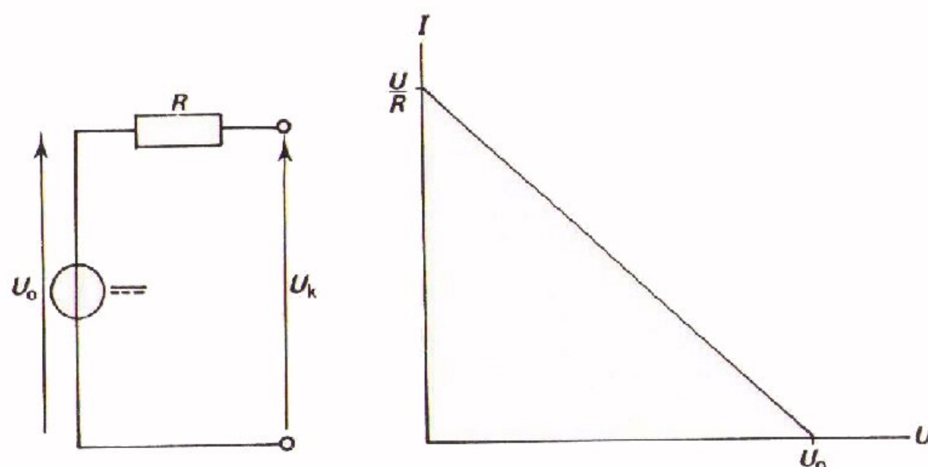
Hoe groot is de weerstand R bij belastinglijn 1?

R_1 =

Hoe groot is de weerstand R bij belastinglijn 2?

R_2 =

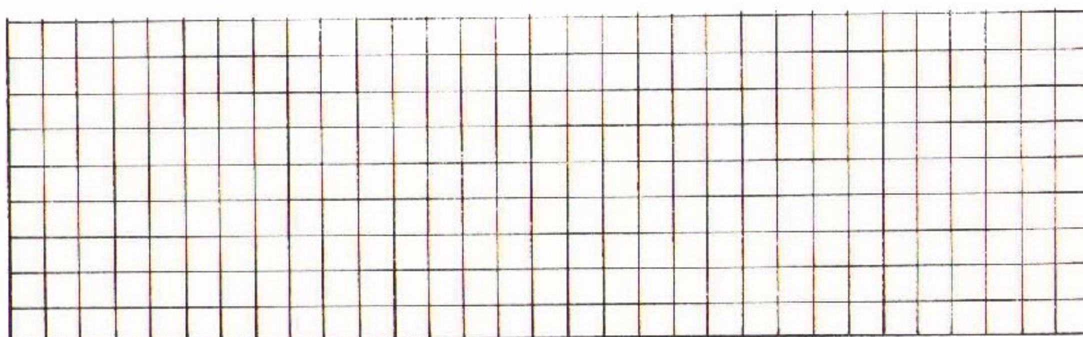
3.



Hier is een spanningsbron gegeven met een serieweerstand.
Daarnaast is de belastinglijn getekend.

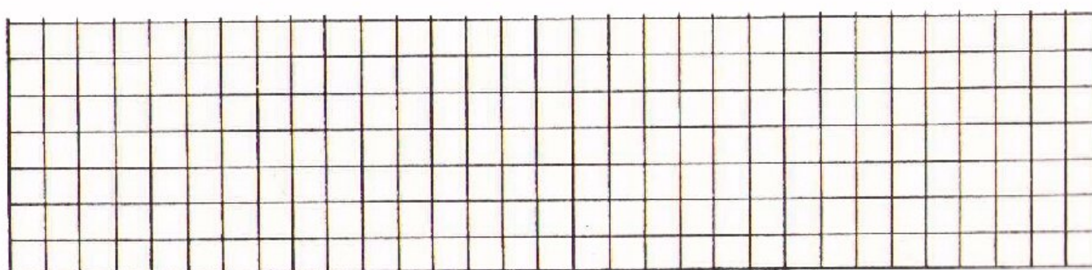
- Leg nauwkeurig uit waarom de belastinglijn begint op de U-as bij de spanning $U_k = U_o$.

  Antwoord:

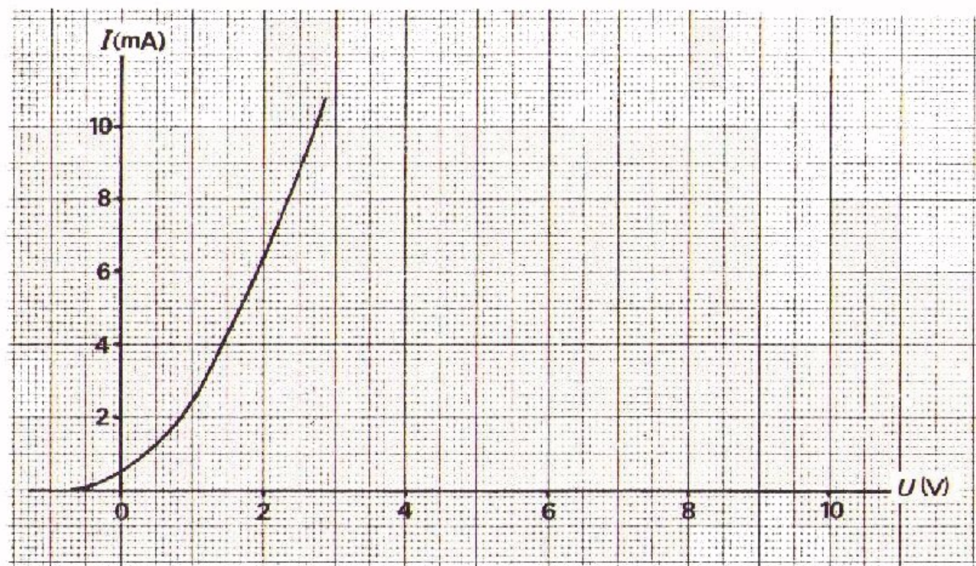


- Leg nauwkeurig uit waarom de belastinglijn eindigt op de I-as bij de stroom $\frac{U_o}{R}$

  Antwoord:



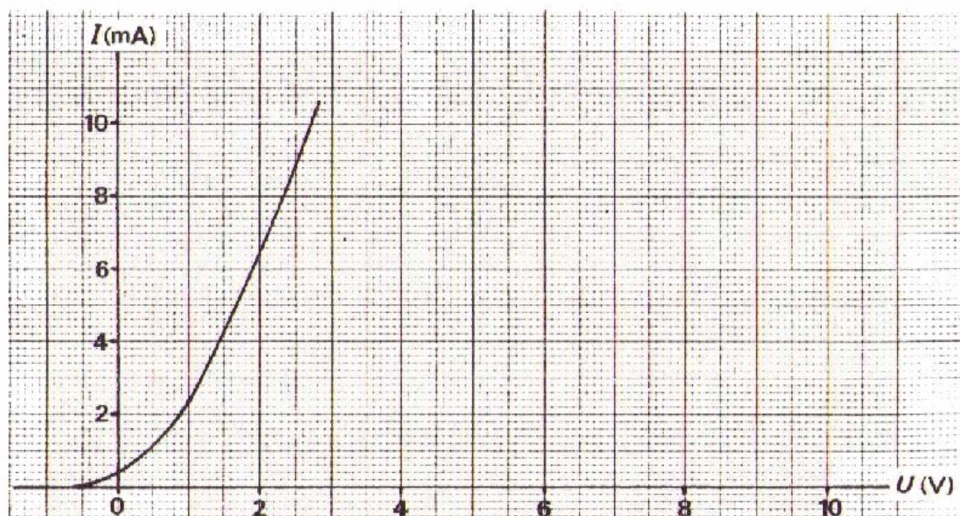
4.



Een diode met bovenstaande karakteristiek wordt in serie met een weerstand van 1,2 kΩ aangesloten op een spanning van 9,6 V.
Bepaal met behulp van de belastinglijn de grootte van de stroom door de diode.

I_V =

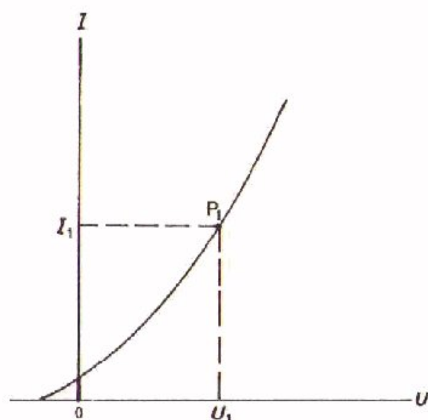
Doe hetzelfde in onderstaande figuur met behulp van de dynamische karakteristiek.



Komen beide waarden overeen? I_V =

DE INWENDIGE WEERSTAND VAN DE DIODE

De karakteristiek van een vacuümdiode is niet-lineair.
Dit betekent dat de gelijkstroomweerstand van de diode niet constant is, maar afhangt van de instelling.

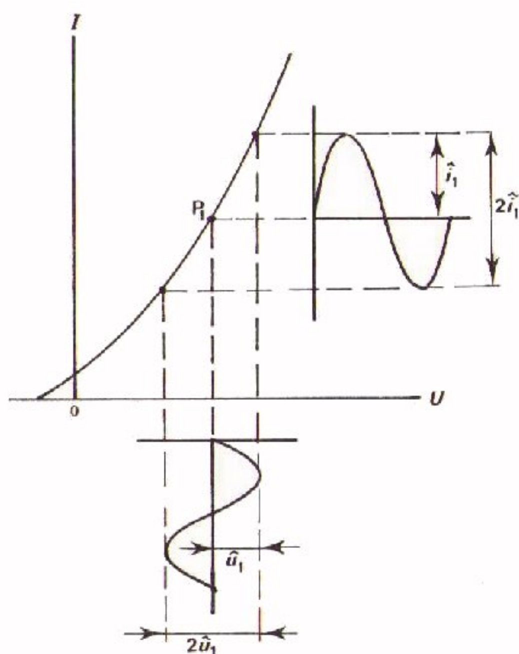


De gelijkstroomweerstand:

voor instelpunt P_1 geldt

$$R_{i\ gelijk} = \frac{U_1}{I_1}$$

Ook de wisselstroomweerstand van de vacuümdiode hangt af van de instelling.



De wisselstroomweerstand

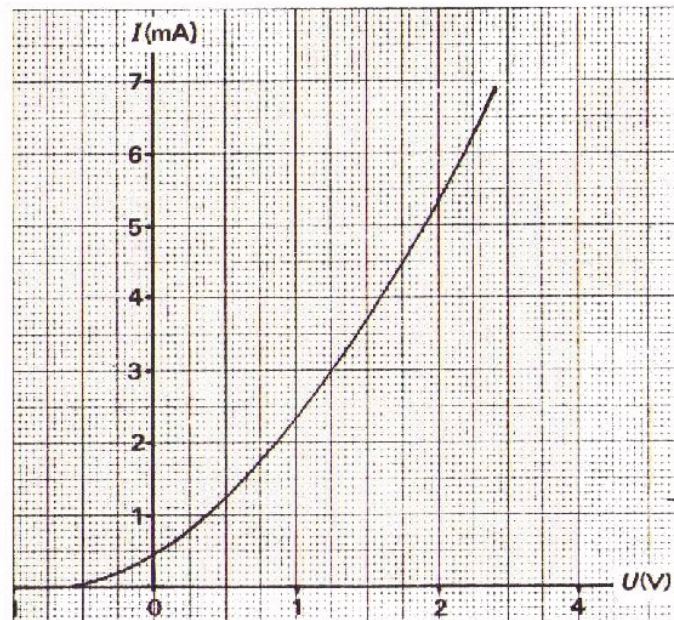
$$R_{i\ wissel} = \frac{\hat{u}}{\hat{i}_V}$$

is kleiner naarmate de karakteristiek steiler loopt.
Ga dit na.

Voor instelpunt P_1 geldt:

$$R_{i\ wissel} = \frac{2\hat{u}_1}{2\hat{i}_1} = \frac{\hat{u}_1}{\hat{i}_1}$$

OEFENING



Een vacuümdiode heeft bovenstaande karakteristiek.

- Bepaal de gelijkstroomweerstand bij I = 5 mA.

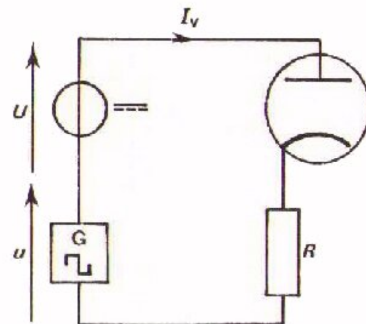
$R_{i\ gelijk}$ = ☐

- Bepaal de wisselstroomweerstand bij I = 5 mA en voor een wisselspanning met een amplitude van 0,25 V.

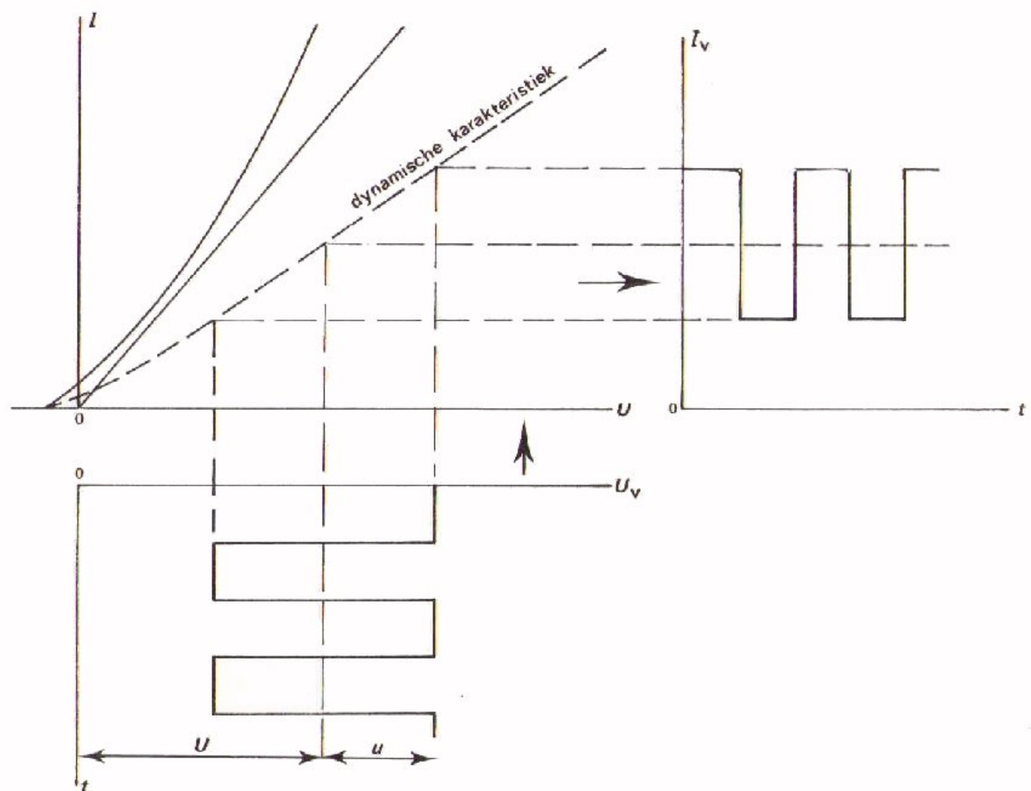
$R_{i\ wissel}$ = ☐

VERWERKING VAN EEN PULSERENDE GELIJKSPANNING DOOR DE SERIESCHAKELING VAN EEN DIODE EN EEN WEERSTAND

We geven hier een voorbeeld hoe een pulserende gelijkspanning wordt verwerkt door de serieschakeling van een diode en een weerstand. Dit kan het best met behulp van de dynamische karakteristiek geschieden.

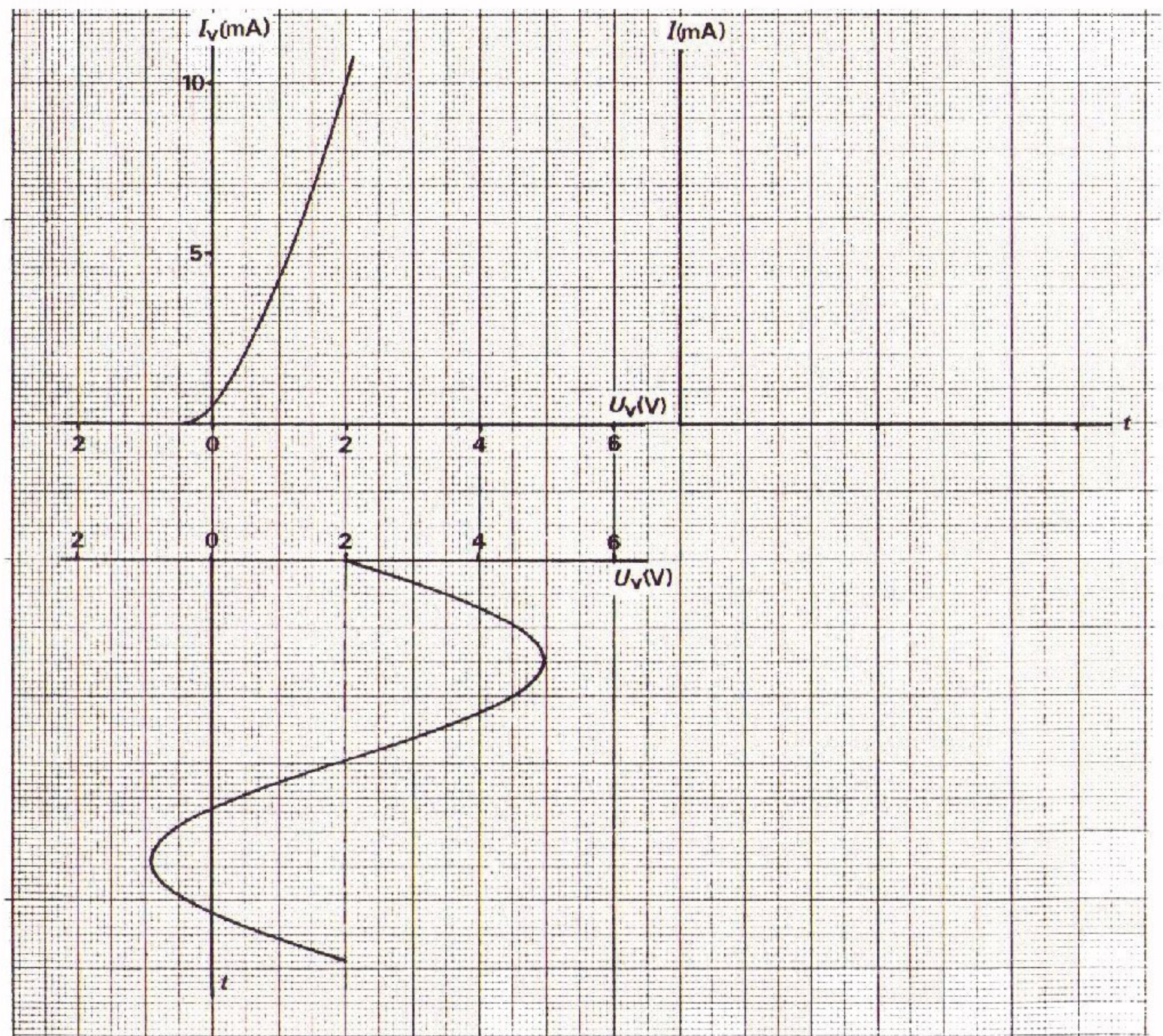


Ga zorgvuldig na of U de constructie in onderstaande figuur stap voor stap kunt volgen.



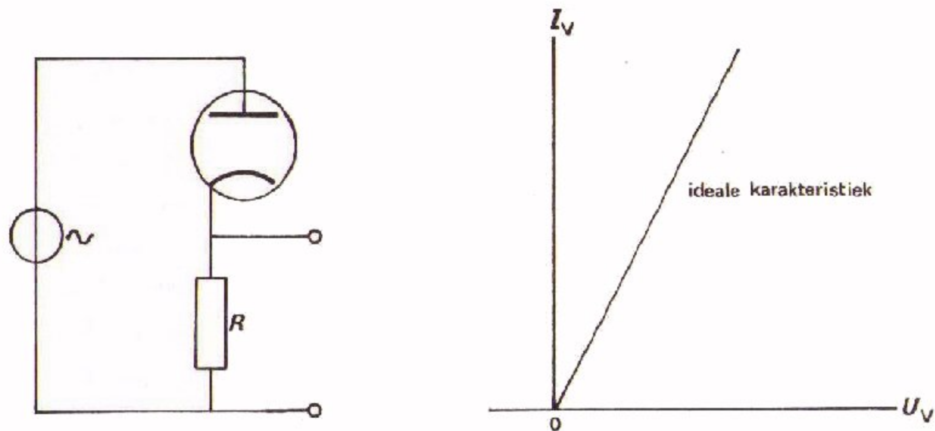
OEFENING

Op een serieschakeling van een diode en een weerstand van 500 Ω is een gelijkspanning aangesloten van 2 V en een sinusvormige wisselspanning met een amplitude van 4 V.
In onderstaande figuur is de karakteristiek van de diode gegeven.
Construeer nauwkeurig het verloop van de stroom I door de serieschakeling.

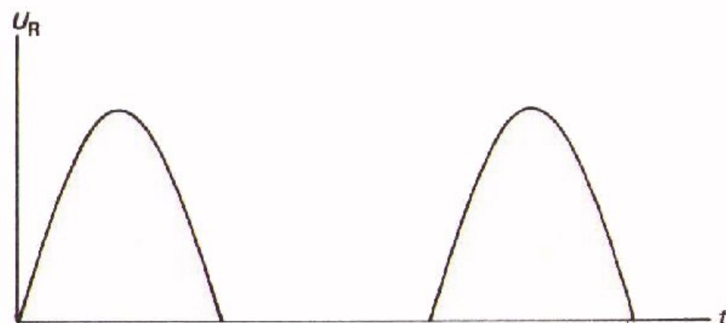


GELIJKRICHTEN

De vacuümdiode vindt hoofdzakelijk toepassing als gelijkrichter.

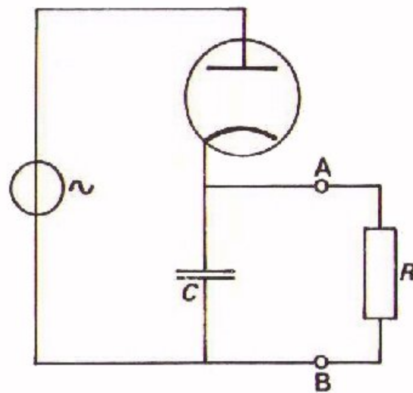


In bovenstaande schakeling is een sinusvormige wisselspanning aangesloten op de serieschakeling van een weerstand R en een diode. Voor het gemak is aangenomen dat de karakteristiek van de diode ideaal is. Dat wil zeggen dat hij door de oorsprong van het assenstelsel loopt, links van de oorsprong samenvalt met de spanningsas en in het eerste kwadrant geheel recht verloopt.
Tijdens de negatieve helften van de sinusvormige spanning wordt de stroom door de diode gesperd. Over de weerstand R staat dan geen spanning.
Tijdens de positieve helften van de sinusvormige spanning wordt de stroom doorgelaten. Over de weerstand ontstaat volgende pulserende gelijkspanning.



Op deze manier is van een sinusvormige wisselspanning een pulserende gelijkspanning gemaakt.

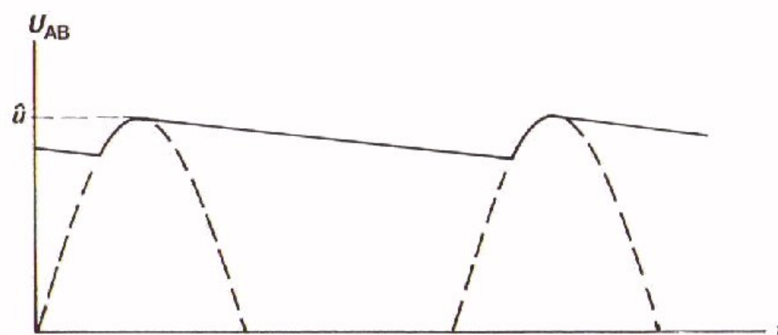
In de praktijk wenst men na gelijkrichting een spanning die veel minder sterk pulserend is als die op het vorige blad. Dit kan men bereiken door het aanbrengen van een buffercondensator.



Deze condensator wordt gedurende een aantal keren dat U_V positief is geladen tot de amplitude $\hat{u}$ van de toegevoerde wisselspanning. Door de belastingweerstand wordt de condensator telkens als U_V negatief is gedeeltelijk ontladen en daarna bij positieve U_V weer bijgeladen.

"Belasten" houdt in "stroom afnemen". Dit is in ons schema voorgesteld door het aansluiten van een weerstand R tussen A en B.

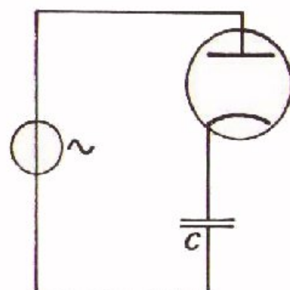
Het resultaat is dat tussen de punten A en B een spanning ontstaat van volgende vorm:



Door het aanbrengen van de buffercondensator is een veel minder sterk pulserende gelijkspanning ontstaan.
Men spreekt dan vaak van een gelijkspanning waarop zich een rimpelspanning bevindt.

OEFENINGEN

1.

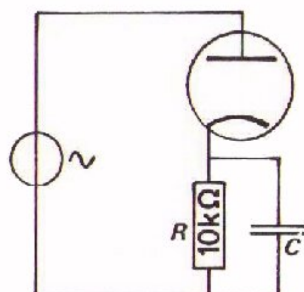


Aan deze gelijkrichtschakeling wordt een wisselspanning toegevoerd met een amplitude van 10 V.

De spanning over de condensator bedraagt ongeveer:

U_C = [   ] V

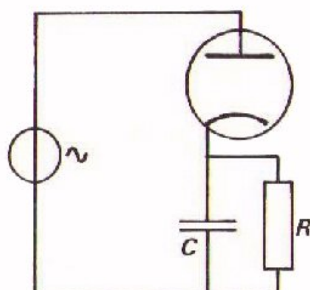
2.



Aan deze schakeling wordt een wisselspanning toegevoerd met een effectieve waarde van 10,6 V. De stroom door de weerstand bedraagt ongeveer:

I_R = [   ] mA

3.



Over de weerstand *R* in deze schakeling staat een gelijkspanning van 6 V, met een rimpelspanning van 200 mV.

Als men *R* 3 x zo groot maakt, dan:

wordt de rimpelspanning groter O

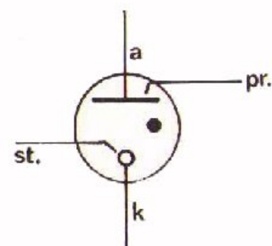
wordt de rimpelspanning kleiner O

blijft de rimpelspanning gelijk O

is er over de rimpelspanning niets te zeggen O

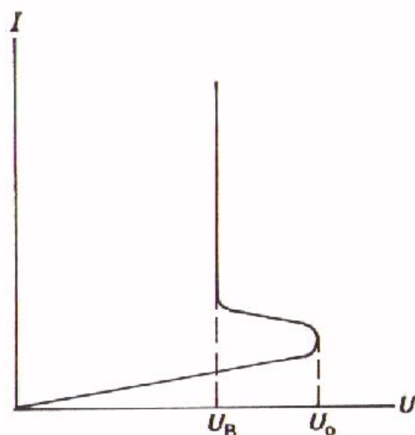
GASGEVULDE DIODES.

Hier is het symbool gegeven van de gasgevulde diode. ALs regel is in zo'n diode geen gloeidraad aanwezig:
Hij heeft een koude katode.



Soms zijn naast katode en anode nog een starter en een primer aangebracht, zoals in bovenstaand symbool is verondersteld.

De werking van een gasgevulde diode berust op het verschijnsel van de gasontlading, waarbij een gas geïnoseerd wordt.
Bij gasontlading doen zich lichtverschijnselen voor in de buurt van de katode: bij de katode licht de buis op.



De karakteristiek van een gasgevulde diode ziet u hiernaast.

De buis ontsteekt bij de ontsteekspanning U_0.

De spanning om het gasontladingsverschijnsel in stand te houden, de brandspanning U_B, is lager dan U_0.

Bij de brandspanning loopt de karakteristiek nagenoeg evenwijdig aan de I-as, zodat bij grote variaties van I de U_B over de buis toch nagenoeg constant blijft.

TOEPASSINGEN VAN DE GASGEVULDE DIODE

Gasgevulde diodes hebben twee belangrijke toepassingsgebieden.

- STABILISATIE

  De brandspanning is weinig afhankelijk van de stroom door de diode. Met behulp van een gasgevulde diode kan men een vrij constante spanning verkrijgen bij aanzienlijke ingangsspanningsvariaties en belastingsvariaties.

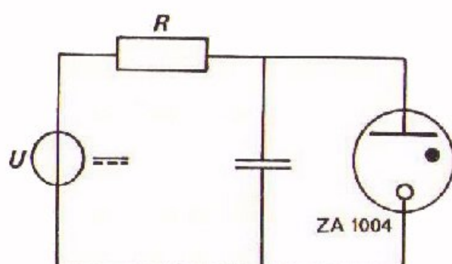
- INDICATIE

  Een ontstoken diode geeft licht. Hiermee geeft de diode zelf aan dat er spanning op hem aanwezig is. Neondiodes vinden zeer veel toepassing als indicatorlampjes (bijvoorbeeld op meetinstrumenten).
  Daarnaast komen letter- en cijferindicatordiodes voor. De kathode heeft de vorm van bijvoorbeeld een cijfer.
  Als men op deze kathode een spanning aansluit, wordt het cijfer zichtbaar doordat de omgeving van de kathode oplicht.

Verder heeft men nog referentiediodes. Dit zijn diodes waarmee men een zeer preciese en constante gelijkspanning kan verkijgen.

OEFENINGEN

1.

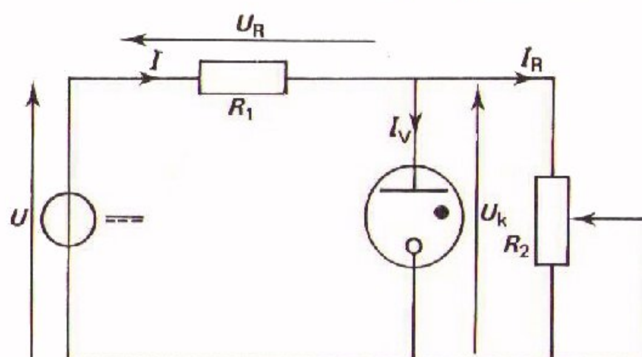


Met behulp van een gasgevulde diode, de ZA 1004 is een zaagtand-generator gemaakt.
De wisselspanning over de diode heeft de vorm van een zaagtand. De ontsteekspanning van de diode is 120 V. De brandspanning van de diode is 105 V.

Hoe groot is de top tot top waarde van de wisselspanning?

U_{tt} = [ ]

2.



Hier is het schema van een stabilisatieschakeling getekend.

Streep in onderstaande beweringen de foutieve antwoorden door.

Als R_2 afneemt, dan zal:

- de spanning U_k	toenemen - afnemen - constant blijven
- de spanning $U_R = U - U_V$ over R_1	toenemen - afnemen - constant blijven
- de stroom I	toenemen - afnemen - constant blijven
- de stroom I_R	toenemen - afnemen - constant blijven
- de stroom I_V	toenemen - afnemen - constant blijven